

Aus der Klinik für Kommunikationsstörungen
der JOHANNES GUTENBERG-UNIVERSITÄT MAINZ
(Leitung: Prof. Dr. med. P. Biesalski)

COMPUTERGESTEUERTE FREQUENZANALYSE PATHOLOGISCHER
STIMME UND SPRACHE

INAUGURALDISSERTATION

Zur Erlangung der Würde des Doktors der Medizin
der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz

dem Fachbereich Medizin vorgelegt

von Peter Lipfert
aus Koblenz
Mainz 1979



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Klinik für Kommunikationsstörungen
der JOHANNES GUTENBERG-UNIVERSITÄT MAINZ
(Leitung: Prof. Dr. med. P. Biesalski)

COMPUTERGESTEUERTE FREQUENZANALYSE PATHOLOGISCHER
STIMME UND SPRACHE

INAUGURALDISSERTATION

Zur Erlangung der Würde des Doktors der Medizin
der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz

dem Fachbereich Medizin vorgelegt

von Peter Lipfert
aus Koblenz
Mainz 1979



Dekan:	Professor Dr. H. Leithoff
1. Gutachter:	Professor Dr. P. Biesalski
2. Gutachter:	Professor Dr. D. Collo

Tag der mündlichen Prüfung: 28.11.1979

Peter Lipfert
Gneisenaustraße 1a

5400 Koblenz

MEINER LIEBEN OMA!

Herrn Prof. Dr. P. Biesalski möchte ich für die Stellung des Themas sowie seine Unterstützung und Beratung in besonderem Maße danken.

Außerdem gebührt mein Dank den Damen Bittkau und v.Krebs (für die Erstellung des Beurteilungsbogens) sowie Stürmer und Linden (für die Beurteilung der Stimmen), außerdem den Herren Arzt, Doell, Leitner, Lippert, Repp, Stecker und Mitarbeitern der Fa. Intertechnique für ihre Mithilfe.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung: Das Fehlen hinreichend exakter Verfahren zur Stimmanalyse bedingt die Suche nach objektiven Methoden
2. Welche Verfahren zur Stimmuntersuchung sind bekannt?
 - 2.1 Beurteilung der Stimme durch das Gehör
 - 2.2 Untersuchung der stimmbildenden Organe
 - 2.2.1 Laryngoskopie
 - 2.2.2 Stroboskopie
 - 2.2.3 Röntgenuntersuchung
 - 2.2.4 Glottographie
 - 2.3 Untersuchung der Stimme
 - 2.3.1 Tonhöhenschreiber nach Grützmaker u. Lottermoser
 - 2.3.2 Grundtonanalyse nach Schultz-Coulon
 - 2.3.3 Tonfrequenzspektrometer nach Freystedt
 - 2.3.4 Oktavsieboszillographie nach Trendelenburg u. Franz
 - 2.3.5 Visible Speech - Verfahren
 - 2.3.6 Sonographie nach Koenig, Dunn, Lacy
 - 2.3.7 Voiceprint - Sonographie nach Kersta
 - 2.3.8 Phoniatische Frequenzuntersuchung mit Digitalrechnern (Berliner Arbeitsgruppe)
3. Wertung der unter 2. genannten Verfahren, auch im Hinblick auf die von mir angewandte Methode der computergesteuerten Frequenzanalyse
 - 3.1 Vergleich der beiden Möglichkeiten (freie Wortwahl oder Untersuchungsbogen) innerhalb der Beurteilung der Stimme durch das Gehör
 - 3.2.1 u. 3.2.2 Laryngoskopie und Stroboskopie
 - 3.2.3 Röntgenuntersuchung
 - 3.2.4 Glottographie
 - 3.3.1 Tonhöhenschreiber nach Grützmaker u. Lottermoser
 - 3.3.2 Grundtonanalyse nach Schultz-Coulon
 - 3.3.3 u. 3.3.4 Tonfrequenzspektrometer nach Freystedt u. Oktavsieboszillographie nach Trendelenburg u. Franz

- 3.3.5 Visible Speech - Verfahren
- 3.3.6 Vergleich Sonographie - Frequenzuntersuchung mit Digitalrechnern
- 3.3.7 Voiceprint - Sonographie
- 3.3.8 Die computergesteuerte Frequenzanalyse drängt aufgrund ihrer vorhersehbaren Vorteile zu einer genaueren Untersuchung
- 4. Physikalisch-technische Grundlagen des Verfahrens
 - 4.1 Fourier-Analyse, FFT-Spektrum, Leistungsdichtespektrum
 - 4.2 Tonhöhenabsenkung
 - 4.3 Bestimmung des Frequenzbereiches innerhalb des Spektrums, Problematik der Aufnahmezeit eines Signals
 - 4.4 Nach welchen Gesetzmäßigkeiten setzen sich die Kurven (= Frequenzspektren) mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Datenpunkte zusammen?
- 5. Einzelne Arbeitsschritte
- 6. Charakterisierung des Stimmmaterials durch auf einem Beurteilungsbogen enthaltene Adjektive
- 7. Datenmaterial, kurze Erläuterung der Stimm- und Sprachstörungen
- 8. Kurzer Hinweis auf die Arbeit von Fischer
- 9. Auswertungskriterien der Mittelwertspektren
- 10. Vergleich der einzelnen Spektren
- 11. Ergebnisse der Beurteilung von Stimm- und Sprachstörungen mit Hilfe des Untersuchungsbogens
- 12. Diskussion
 - 12.1 Gleichespannungszacke
 - 12.2 Problem der Auflösung
 - 12.3 Kritik am Stimmmaterial im Tonbandarchiv
 - 12.4 Gruppen teilweise unterbesetzt; keine statistische

Auswertung

- 12.5 Hinweis auf den ursprünglich geplanten Untersuchungsgang (Cluster-Analyse!)
 - 12.6 Untersuchungen der Berliner Autoren
 - 12.7 Hinweis auf die Erlanger Arbeit
 - 12.8 Erwähnung zweier Arbeiten von Winckel
 - 12.9 Erwähnung der Arbeit von Wieser u. Schlorhauser
 - 12.10 Hinweis auf die Arbeit von Bunge
 - 12.11 Würdigung der Ergebnisse
 - 12.12 Empfehlung für zukünftige Untersuchungen
13. Zusammenfassung

Anhang: Darstellung der Frequenzspektren
Literaturverzeichnis

Computergesteuerte Frequenzanalyse pathologischer Stimme und Sprache

1. Einleitung:

Wie in vielen Bereichen der modernen Wissenschaft bestehen auch in der Medizin in immer größerem Maße das Verlangen und die Notwendigkeit der genauen qualitativen und besonders quantitativen Datenerhebung und -registrierung. Diese Verarbeitung von Daten sollte jedoch, um wissenschaftlich vertretbar zu sein, mit hinreichend exakten, "objektiven" Verfahren durchgeführt werden, das heißt diese Verfahren müssen hinsichtlich Zuverlässigkeit und Gültigkeit entsprechend hohe Bedingungen erfüllen. Dabei versteht man unter Zuverlässigkeit die Meßgenauigkeit, unter Gültigkeit bei mit einem bestimmten Meßinstrument erhobenen Daten den "Grad, zu dem tatsächlich das gemessen wird, was es messen soll und was man meint, gemessen zu haben" (aus RATHGEBER, 32). Im weiteren Verlauf der Arbeit soll gezeigt werden, daß in der bisherigen Beurteilung von Stimmstörungen diese Ansprüche sicher nicht in ausreichendem Maße erfüllt wurden. Deshalb ist es Ziel der vorliegenden Schrift herauszufinden, ob mit der Einführung der computergesteuerten Frequenzanalyse ein Schritt in Richtung auf eine "objektive Untersuchungsmethode der Stimme" getan wurde. Auch muß geklärt werden, ob sich das Verfahren nur zur speziellen Fragestellung in besonders damit befaßten Zentren heranziehen läßt oder ob auch ein routinemäßiger Einsatz, vielleicht sogar in kleineren HNO-Abteilungen, möglich ist.

2. Welche Verfahren zur Stimmuntersuchung sind bekannt?

Einschränkend ist zu erwähnen, daß weitgehend alle der im folgenden aufgezählten Untersuchungsmethoden (nur) das physikalisch Erfassbare der Stimme bzw. einen Teil davon zur Analyse verwenden. Wenn aber BAUER (2) u.a. über die Stimme sagt: "Stimme ist primärer Ausdruck und damit Spiegel der Persönlichkeit; sie ist eine instinktive und emotionale Funktion", dann bedeutet diese Beschreibung, daß erst andere Aspekte, z.B. der psycho-

logische, die Stimme als Ganzes bedingen. Bei den jetzt zu erörternden Untersuchungsverfahren (vielleicht mit Ausnahme der auditiven Beurteilung) steht die Stimme als physikalisch erfaßbares Objekt im Vordergrund.

2.1 Beurteilung der Stimme durch das Gehör

Prinzipiell gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder der Untersucher schreibt seinen Gehöreindruck mit eigenen Worten frei nieder, oder es findet ein Vordruck mit aufgelisteten Stimmerkmale Verwendung.

2.2 Untersuchung der stimmbildenden Organe

Diese Verfahren geben mit Hilfe jeweils unterschiedlicher Methodik eine Vorstellung vom Zustand des Kehlkopfes, eines an der Stimmgebung beteiligten Organes. Eine Aussage über die Stimme ist nur indirekt möglich.

2.2.1 Laryngoskopie

Bei der Laryngoskopie muß zwischen dem indirekten und dem direkten Verfahren unterschieden werden. Beide erlauben eine Beurteilung des Kehlkopfinneren. Einzelheiten im Bewegungsablauf der Stimm lippen sind jedoch bei der schnellen Schwingungsfolge wegen des zu geringen Auflösungsvermögens des Auges nicht zu erkennen. Hierzu findet die Stroboskopie Anwendung.

2.2.2 Stroboskopie

Das Stroboskop wurde vor ziemlich genau 100 Jahren von OERTEL konstruiert (Veröffentlichung jedoch erst 1895,26). In den letzten Jahren hat sich vor allem SCHÖNHÄRL (33) um die Weiterentwicklung verdient gemacht. Eine Lampe sendet in einer bestimmten Frequenz Lichtblitze aus. Durch Tongenerator- oder Mikrophonsteuerung kann die Anzahl der Lichtblitze pro Zeiteinheit mit der Schwingungszahl der Stimm lippen weitgehend in Übereinstimmung gebracht bzw. sogar völlig angeglichen werden, so daß im einen Fall ein "bewegtes Bild" (PASCHER u. JOHANNSEN, 27) im anderen ein stehendes Bild erzeugt wird. Hat der Untersucher mit Hilfe der Mikrophonsteuerung ein stehendes Bild erreicht, kann er über eine Phasenverschiebung in beliebiger Geschwindigkeit den Ablauf der Stimm lippenbewegung beobachten. Parameter sind Frequenz, Phase, Schwingungsablauf, Amplitude und

Randkantenverschiebung.

2.2.3 Röntgenuntersuchung

Der Einsatz von Röntgenstrahlung in der phoniatischen Diagnostik ermöglicht Aussagen über Funktion und Stellung des Zwerchfelles oder Gaumensegels sowie natürlich in erster Linie über den Kehlkopf selbst. Das im Laufe des Lebens verkalkende Knorpelskelett ebenso wie der lufthaltige Raum im Kehlkopfinneren bilden die Voraussetzung zur differenzierenden Beurteilung der Aufnahmen. In besonderen Fällen können noch Tomographie, Kontrastmittel-Laryngographie und Röntgen-Kinematographie hinzugezogen werden.

2.2.4 Glottographie

Die Glottographie registriert die Veränderungen der Glottisweite. Speziell bei der Elektroglottographie übernehmen die Stimmlippen die Funktion von Platten eines in einen Wechselstrom geschalteten Kondensators. Der kapazitive Widerstand ändert sich entsprechend den Stimmlippenbewegungen und dient daher als Meßgröße.

2.3 Untersuchung der Stimme

Die im folgenden vorzustellenden Methoden ermöglichen eine direkte Beurteilung der Stimme.

2.3.1 Tonhöhenschreiber nach GRÜTZMACHER u. LOTTERMOSER (15)

Da die auf diesem Gerät aufgezeichneten Tonhöhenbewegungen bei einer Reihe von gesprochenen Worten oder Sätzen die Melodie bestimmen, die einen für den Sprechenden und für die Ausdrucksform charakteristischen Verlauf nimmt, ist der Apparat auch als Melodienschreiber bekannt. Das auf dem Schirm einer Braun'schen Röhre erscheinende Bild zeigt auf der Ordinate die Frequenzen, das heißt die jeweilige Tonhöhe, auf der Abszisse die Zeit aufgetragen.

2.3.2 Grundtonanalyse nach SCHULTZ-COULON (34)

Die Grundtonanalyse nach SCHULTZ-COULON basiert im Verfahren auf dem Tonhöhenschreiber nach GRÜTZMACHER u. LOTTERMOSER. Das Prinzip selbst (Tonhöhenschreibung) ist jedoch schon seit ungefähr 50 Jahren bekannt. SCHULTZ-COULON charakterisiert den von ihm entwickelten Grundtonanalysator als ein Gerät, das "hohes zeitliches Auflösungsvermögen mit einfachster Bedienungsweise verbindet und

über den gesamten Frequenzbereich der menschlichen Stimme arbeitet "(34). Besonders das Problem der Auflösung und das des begrenzten Frequenzumfanges (durch die einzelnen Filterbereiche) waren bis dahin nicht zufriedenstellend gelöst. Wie auch beim Tonhöhenschreiber von GRÜTZMACHER u. LOTTERMOSER sind die einzelnen Frequenzen und damit die jeweilige Tonhöhe auf der y-, die Zeit auf der x-Achse aufgetragen. - Nur der Vollständigkeit halber sei aufgeführt, daß mit Hilfe eines Rechners aus dem Melodie- (= Tonhöhen-)Verlauf auch auf die mittlere Sprechstimmlage geschlossen werden kann.

Die beiden bisher genannten Verfahren arbeiten mit dem niedrigsten Teilton des Stimmklanges, eben dem Grundton. Die im folgenden zu besprechenden Arbeitsweisen "zerlegen" den Stimmklang in seine Bestandteile, erlauben also neben dem Grundton auch eine Aussage über die restlichen Teiltöne.

2.3.3 Tonfrequenzspektrometer nach FREYSTEDT (10)

Dieses mit Filtern arbeitende Gerät erlaubt eine fortlaufende Analyse von Schallvorgängen, wobei das gebildete Spektrum auf einer Braun'schen Röhre markiert wird. Auf der Abszisse erkennt der Betrachter die einzelnen Frequenzen, auf der Ordinate die jeweiligen Intensitäten. Neben der direkten Beurteilung durch das menschliche Auge ist eine kinematographische Aufzeichnung möglich.

2.3.4 Oktavsieboszillographie nach TRENDLENBURG und FRANZ (35)

Grundlage dieser Methode sind, wie der Name sagt, jeweils den Bereich einer Oktave durchlassende Siebe. Auf dem Oszillographen erkennt der Betrachter jedoch, anders als beim Tonfrequenzspektrometer nach FREYSTEDT, keine Linienspektren, sondern aus dem gesamten Schallvorgang herausgelöste, auf die einzelnen Oktavbereiche verteilte Schwingungen, wobei die Frequenz- (Oktav-) Bereiche auf der y-Achse, die Zeit fortlaufend auf der x-Achse aufgetragen sind.

2.3.5 Visible Speech-Verfahren nach RIESZ u. SCHOTT,
Visible Speech-Verfahren nach DUDLEY u. GRUENZ
(zitiert nach TRENDELENBURG, 36)

In der Technik ähnlich, jedoch in der Datenanzeige verschieden von den beiden eben erwähnten Methoden zeigen sich die Visible Speech-Verfahren. Beide Autorengruppen arbeiteten mit Filtern zur Zerlegung des Schallvorganges. Die Spektrogramme werden bei RIESZ u. SCHOTT auf einem um die eigene Achse rotierenden Zylinder (modifizierte Braun'sche Röhre) mit nachleuchtender Schicht, bei DUDLEY u. GRUENZ auf einem mit nachleuchtender Substanz bestrichenen endlosen Band, das über zwei Walzen läuft, abgebildet. Parallel der Zylinderachse bzw. der beiden Walzen sind die Frequenzen aufgetragen, senkrecht dazu, also in entgegengesetzter Laufrichtung, die Zeit. Die Intensität wird einmal durch die Helligkeit des Kathodenstrahles, beim anderen Verfahren indirekt durch die Leuchtstärke mehrerer Lämpchen angezeigt. Beide Techniken eignen sich besonders zur Analyse von Sprache.

2.3.6 Sonographie nach KOENIG, DUNN, LACY (21)

Die Sonographie stellt eine Weiterentwicklung des Visible Speech-Verfahrens dar, was besonders an der gleichen Art der spektralen Darstellung zu erkennen ist (s.u.). Bei der Analyse arbeitet der Sonograph mit Hilfe der Suchtonanalyse, die von GRÜTZMACHER (14) erstmals beschrieben wurde und hier nicht besprochen werden soll. Die Zerlegung zum Beispiel eines gesprochenen Wortes erfolgt für den Frequenzbereich zwischen 85 und 8000 Hz, wobei die spektrale Auflösung durch die Breite eines verstellbaren Filters (45 oder 300 Hz) bestimmt wird. Die Analyse "längerer" Aufnahmen ist nur bis maximal 2,5 sec. möglich, die Dauer bis zur Erstellung eines Spektrums liegt bei ungefähr 5 min. Das Spektrum wird auf Papier ausgeschrieben, wobei die Frequenz auf der Ordinate, die Zeit auf der Abszisse aufgetragen sind. Die Intensität ist am Schwärzungsgrad zu erkennen.

2.3.7 Voiceprint-Sonographie nach KERSTA (18)

Es sind inzwischen Fortentwicklungen des Sonagramms be-

kann, zum Beispiel die Voiceprint-Sonographie nach KERSTA. Hierbei sind Frequenzwerte gleicher Amplitude statt durch bestimmte Schwärzungsgrade durch miteinander in Verbindung stehende Kurvenzüge gekennzeichnet. Wie auf einer Landkarte, wo Höhenlinien Orte mit gleichem Niveau über dem Meeresspiegel verbinden, ergeben sich auch bei der Voiceprint-Sonographie unterschiedliche "Terrassen".

2.3.8 Phoniatische Frequenzuntersuchung mit Digitalrechnern (Berliner Arbeitsgruppe)

Als letztes Verfahren soll kurz die computerisierte Frequenzuntersuchung erwähnt werden, die an der FU Berlin seit 1970 angewandt wird (12,13,17). Die Autoren gingen von der Aussage des Franzosen FOURIER aus, daß jeder Klang in einzelne Sinusschwingungen zerlegt werden kann und wandten dieses Theorem in Form der Fast Fourier-Transformation bei der Berechnung der computergesteuerten Spektren an. Beim Vokal a zum Beispiel ergeben sich ganz charakteristische Maxima im Spektralablauf, die der Grundfrequenz und den 4 sogenannten Formanten entsprechen. Im Vergleich von gesunden und kranken Stimmen ergaben sich deutliche Differenzen.

3. Wertung der unter 2. genannten Verfahren, auch im Hinblick auf die von mir angewandte Methode der computergesteuerten Frequenzanalyse

3.1 Vergleich der beiden Möglichkeiten (freie Wortwahl oder Untersuchungsbogen) innerhalb der Beurteilung der Stimme durch das Gehör

SCHULTZ-COULON bewertet die Beurteilung von Stimme und Sprache durch das Gehör folgendermaßen: "Der allgemein geübten, rein auditiven Beurteilung stimmlicher Leistungen haftet der Nachteil an, daß die Untersuchungsergebnisse stark von der Erfahrung und von dem musikalischen Gehör des Prüfers abhängen und dadurch - besonders bei mehreren Prüfern - nur bedingt vergleichbar sind" (34). Ich möchte im folgenden jedoch weniger die Wertigkeit dieser "auditiven Beurteilung" allgemein, zum Beispiel im Vergleich zu anderen Untersuchungsmethoden, beurteilen,

sondern mir geht es mehr um die gegenseitige Abwägung der zwei Möglichkeiten, nämlich den gehörten Befund entweder in freier Wortwahl oder anhand vorgedruckter Adjektive niederzuschreiben. PASCHER (30) gibt dazu an, er verwende kein "starres Untersuchungsschema", das seiner Meinung nach "die Gefahr eines Einpressens von Befunden in sich berge", allerdings durch seine Vollständigkeit dem Unerfahrenen auch Vorteile biete. BAUER (3) in Münster, KITTEL (20) in Erlangen, HABERMANN (16) in Frankfurt und auch die hiesige Klinik gebrauchen bei der auditiven Beurteilung Vordrucke. HABERMANN (16) sieht die Vorzüge eines Formblattes u.a. darin, "daß es den vielbeschäftigten Facharzt davon befreit, jeweils in seinem eigenen Sprachschatz nach kennzeichnenden Adjektiven zur Klangdifferenzierung zu suchen", besonders wenn man an die in Zukunft zu erwartende phoniatische Eignungsprüfung vor Beginn einer Ausbildung zu einem Sprechberuf denkt. Auch gewährleiste eine stets konstante Anzahl von Adjektiven zur Kennzeichnung der Stimmqualität bei mehreren Untersuchern eine größere Übereinstimmung des Urteils und damit einen objektiveren Befund. Deshalb hat sich HABERMANN (16) bemüht, ein auf polaren Begriffspaaren aufbauendes Schema zu erstellen, das durch seine Kürze und Prägnanz eine recht genaue Beurteilung erlaubt, andererseits aber dem Untersucher mit "fünf Abstufungen zwischen den jeweiligen Qualitätspolen" eigenen Spielraum läßt (sh. Abb. 1 S. 11 !). Auch ermöglicht diese Abstufung, Änderungen der Stimmqualität (z.B. unter der Therapie) zu verfolgen. - HABERMANN (16) sieht jedoch auch die Grenzen dieses Untersuchungsbogens: "Daß bei einer solchen Ordnung oft Objektives mit Subjektivem im Gehöreindruck und so auch in diesem Formblatt sich vermischt, liegt - wohl unvermeidbar - in der Natur der Sache ". Ein weiterer Nachteil dieser Methode ist m.M. nach folgender: Selbst wenn ein geübter Untersucher bei mehrmaliger Untersuchung gleiche Befunde niederschreibt, ist damit noch nicht die Diagnose gestellt. Sollen zum Beispiel, um die Diagnose einer bestimmten Stimmstörung zu stellen, fünf oder mehr charakteristische Merkmale

"vorhanden" sein? Oder reichen vier oder müssen es sechs sein? Wie ist es zu werten, wenn neben zum Beispiel fünf passenden Merkmalen zwei "unpassende" angekreuzt sind? Letztlich ist dann wohl doch der einfache

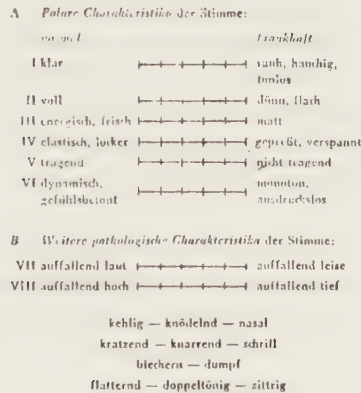


Abb. 1 (HABERMANN, 16)

Höreindruck für die Diagnose maßgebend, wenn auch sicherlich der Beurteilungsbogen bei der Beschreibung der Stimmstörung und ihrer Änderung, zum Beispiel unter Therapie, einen Fortschritt darstellt. Weiterhin nachteilig wirkt sich aus, daß zur Beurteilung trotz gewisser Hilfe durch vorgegebene Begriffe ein sehr erfahrener Untersucher nötig ist. ("Qualitative Aussagen über Einzelmerkmale einer gesunden oder kranken Stimme mit Hilfe des Ohres zu machen, ist gar nicht so einfach und erfordert auf jeden Fall eine auf solche Untersuchungen gerichtete Übung"; HABERMANN, 16). - Zwei Mainzer Logopädinnen haben, wie weiter unten aufgeführt ist, das mir zur Verfügung stehende Stimmaterial anhand eines Beurteilungsbogens charakterisiert.

3.2.1 u. 3.2.2 Laryngoskopie und Stroboskopie

Gegenüber der Laryngoskopie ermöglicht die Stroboskopie, wie bei der Beschreibung der beiden Verfahren oben schon angesprochen wurde, Einzelheiten im Bewegungsablauf zu erkennen. Als "einfache" Stroboskopie, aber auch in weiter entwickelter Technik (Laryngostrobomikroskopie und Telemikrostroboskopie) stellt sie ein unentbehrliches diagnostisches Hilfsmittel für den Phoniater dar, das auch eine sofortige Auswertung des Befundes erlaubt. Dabei sind jedoch die Nachteile vom Untersucher nicht zu vergessen, um zu einer adäquaten Aussage über die Stimmbänder gelangen zu können: "Ein Nachteil der Stroboskopie besteht in der willkürlichen Übertragung der Singstimme auf den Schwingungsmodus beim Sprechen, denn es wird ein ausgehaltener Ton untersucht" (BÖHME, 6). Außerdem ermöglicht die Methode keine exakt reproduzierbaren Ergebnisse zu liefern, wenn nicht Parameter wie Kopfneigung, Kopffrotation, Spiegellage, Winkeleinstellung, aber auch Lautstärke und Tonhöhe als Fehlerquellen berücksichtigt werden.

3.2.3 Röntgenuntersuchung

Der wenn auch begrenzte Nutzen, den der Phoniater aus Röntgenaufnahmen für sein Fachgebiet ziehen kann, läßt sich aus dem im vorigen Kapitel (2.2.3) Gesagten ableiten. BÖHME (6) führt als Vorteile "die einfache Untersuchungstechnik, die geringe Belästigung des Patienten und die Möglichkeit der Bilddokumentation" an. Allerdings setzt diese Untersuchungsmethode spezielle Erfahrungen voraus (was jedoch in gewissem Umfang für alle aufgeführten Verfahren gilt). Auch darf die Strahlenbelastung nicht unerwähnt bleiben.

3.2.4 Glottographie

KITTEL (19) betont in seiner Wertung der Elektroglottographie, quantitative Registrierungen seien noch nicht genügend verläßlich. Oft gelinge mit dieser Methode jedoch die Aufdeckung von Veränderungen in der Frühphase, so daß unter Zuhilfenahme anderer Techniken eine Diagnose möglich werde.

3.3.1 Tonhöhenschreiber nach GRÜTZMACHER u. LOTTER-MOSER

Das Gerät erlaubt eine fortlaufende Registrierung der Tonhöhe bei Silben, Wörtern und ganzen Sätzen.

3.3.2 Grundtonanalyse nach SCHULTZ-COULON

Die Vorteile, die SCHULTZ-COULON (34) gegenüber früheren Verfahren sieht, wurden schon weiter oben herausgestellt. Zusammenfassend kommt der Autor in seiner Arbeit zu folgendem Ergebnis: "Die Grundtonanalyse kann andere, in der Phoniatrie gebräuliche Meßverfahren weder ersetzen noch verbessern, sondern stellt eine nützliche Ergänzung dar, deren Möglichkeiten für klinische und experimentelle Stimmuntersuchung bisher nicht ausreichend beachtet worden sind. Die fortlaufende Messung der Periodendauer jeder einzelnen Stimmbandschwingung gestattet dem Phoniater qualitative und quantitative Aussagen über einige normale und pathologisch veränderte Leistungen des Stimmorganes, die bisher nur seiner subjektiven Beurteilung zugänglich waren, und leistet dadurch einen Beitrag zur objektiven Beurteilung der Sprech- und Singstimme und ihrer Störungen."

3.3.3 u. 3.3.4 Das FREYSTEDT'sche Tonfrequenzspektrometer u. die Oktavsieboszillographie nach TRENDelenburg u. FRANZ

Das FREYSTEDT'sche Tonfrequenzspektrometer gibt nach TRENDelenburg (36) eine sehr anschauliches Bild der Zusammensetzung von Schallvorgängen. Allerdings lassen sich nur nicht zu schnell erfolgende Änderungen der Schallzusammensetzung beobachten. Denn die Grenze des Auflösungsvermögens des Spektrometers ist durch die Umlauffrequenz eines am Ausgang der Filter liegenden Abtastschalters gegeben (20/sec.), d.h. Schallvorgänge, deren Zusammensetzung sich während eines Umlaufes, also während 50 msec. wesentlich ändert, können mit dem FREYSTEDT'schen Gerät nicht mehr hinreichend exakt beurteilt werden. Demgegenüber zeichnet sich die Oktavsieboszillographie nach TRENDelenburg u. FRANZ durch eine vernachlässigbar hoch liegende Auflösungsgrenze aus (Einschwing- und Ausschwingvorgänge sind sehr kurz). Somit ist mit diesem Oszillo-

graphen die Beurteilung auch sehr schneller zeitlicher Änderungen einer Klangzusammensetzung möglich. Nicht unerwähnt soll bleiben, daß mit diesem Gerät eine große Zahl fruchtbringender Untersuchungen von Sprachlauten und Musikklingen durchgeführt wurde.

3.3.5 Visible Speech-Verfahren

Nach Angaben von TRENDELENBURG (36) ist es bei beiden Visible Speech-Verfahren von Vorteil, daß der Betrachter "sehr anschaulich die Stärkeverteilung der in Frage stehenden Schallvorgänge auf die verschiedenen Bereiche des Spektrums und ihre zeitlichen Variationen" sieht. Dem Geübten gelinge es sogar, die Sprache sofort am Leuchtschirm bzw. am nachleuchtenden Band abzulesen.

3.3.6 Vergleich Sonographie-Frequenzuntersuchung mit Digitalrechnern

BÖHME (6) gibt den Rat, bei Vokalanalysen das Schmalbandfilter (45 Hz), bei Geräuschanalysen das 300 Hz-Breitbandfilter einzustellen. TRENDELENBURG (36) schreibt, man benutze normalerweise das 300 Hz-Filter. Die Auflösung bei der 45 Hz-Filterbreite ist sicherlich zufriedenstellend, wenngleich, wie weiter unten zu entnehmen ist, bei der computergesteuerten Frequenzanalyse mit unserem Plurimat-Rechner wesentlich bessere Auflösungen zu erzielen sind. Das 300 Hz-Filter erscheint mir zu "grob", selbst wenn es, wie BÖHME angibt, bei der Geräuschanalyse Verwendung findet. Die maximale Aufnahme-länge von 2,5 sec. ist für die Untersuchung von Vokalen und Lautübergängen ausreichend. Längere Sätze oder ganze Texte sind in dieser Zeit natürlich nicht zu bearbeiten. Bei den in FISCHERS (9) und meiner Arbeit erstellten Langzeitspektren (z.B. über 10 od. 30 sec.) ist also mehr Stimmaterial enthalten, es besteht jedoch nicht die Möglichkeit wie im Sonagramm, Frequenz und Zeit exakt einander zuzuordnen. Der Vergleich mehrerer Spektren (z.B. im Laufe einer Behandlung) ist bei beiden Methoden möglich, da die Ergebnisse auf Papier oder im Speicher festgehalten werden können. Die Dauer für die Spektralanalyse eines 2,5 sec.-Vorganges über die Zeit beträgt nach BÖHME (6) ungefähr 5 min. Die in meiner Arbeit beschrie-

bene Bildung des Leistungsdichtespektrums für einen Text von 10 sec. betrug, allerdings noch vor der Datenreduktion, also für 4096 Punkte bei einer Abtastfrequenz von 20000 Hz mit folglich hoher Auflösung, ungefähr 9 min. Es muß darauf hingewiesen werden, daß beim Sonagraphen (wie z.B. beim FREYSTEDT'schen Tonfrequenzspektrometer) eine zeitliche Auflösungsgrenze gegeben ist, die von der Einschwingzeit des im Suchtonanalysator verwendeten Filters abhängt. Bei der Aufzeichnung eines Signals, das rasche Änderungen der Schallzusammensetzung enthält, muß der Untersucher sich daher mit einer geringeren Analysierschärfe zufrieden zeigen. Eine solche Grenze ist bei der Computeruntersuchung nicht gesetzt. Der größte Nachteil des Sonagraphen sind sicherlich die nur halbquantitativen Aussagen zulassenden Schwärzungsgrade zur Kennzeichnung der Intensität. Hier zeigt sich die Computerauswertung mit jeweils exakten Amplitudenwerten überlegen. Zum Abschluß der Bewertung der Sonographie darf nicht vergessen werden, daß dieses Gerät "verschiedene Stimm- und Sprachakzente objektivieren" kann (KITTEL, 19) und das jeweils charakteristische Muster einer Person im Spektrum auch bei Stimmverstellung weitgehend erhalten bleibt.

3.3.7 Voiceprint-Sonographie

Diese Methode als Weiterentwicklung der Sonographie stellt für mich persönlich keinen Fortschritt dar, da ich die Darstellung der Intensität mit Hilfe verschiedener Schwärzungsgrade wesentlich übersichtlicher finde als die Konturenverläufe.

3.3.8 Warum lohnt nun die von mir angewandte computer-gesteuerte Spektralanalyse größere Untersuchungen?

Ich glaube, anhand der oben aufgeführten Bewertung einzelner Untersuchungsmethoden läßt sich die Antwort leicht geben. Die zuerst erwähnte "auditive Beurteilung" der Stimme bietet sicherlich ebenso wenig wie Laryngo-u. Stroboskopie, Röntgen und Glottographie einen Ansatz zu einer objektiven Untersuchung. Damit soll nicht ausgedrückt werden, daß sie nicht bei der phoniatriischen Diagnostik einzusetzen sind. Im Gegenteil. Wie noch weiter unten zu zeigen ist, muß man, auch wenn die Computer-

diagnostik einmal routinemäßig in Anspruch genommen wird, sicherlich die auditive Beurteilung, Stroboskopie und Röntgen als wichtige Hilfsmittel hinzuziehen. Auch die aus dem Tonhöhenschreiber von GRÜTZMACHER und LOTTERMOSER entwickelte Grundtonanalyse nach SCHULTZ-COULON wird bei der spektralen Computerdiagnostik nicht überflüssig, wenngleich ein Phoniater, dem ein entsprechender Computer zur Stimmfrequenzanalyse zur Verfügung steht, sicherlich mit diesem Gerät Melodienverläufe mittels spezieller Verfahren (Cepstrum?) berechnen kann. Aus dem Rennen geworfen hat die Frequenzanalyse durch Computer ohne Zweifel die Tonfrequenzspektrometrie und die Oktavsieboszillographie. Bei dem FREYSTEDT'schen Gerät ist schon allein die begrenzte Auflösung ein Nachteil, beim Oktavsiebspektrometer läßt die Schallzerlegung keine exakt ablesbaren Intensitäten im jeweiligen Oktavbereich erkennen. Vor- und Nachteile der Sonographie (das gilt in gleichem Maße für den "Vorläufer", das Visible Speech-Verfahren, wie auch für die Weiterentwicklungen) wurden oben schon erwähnt, auch in Gegenüberstellung mit der computergesteuerten Frequenzanalyse. Allein schon die ungenaue Bestimmbarkeit der Amplituden (höchstens halbquantitativ) ist Anlaß genug, neue Methoden zu erforschen. Dieses Argument war auch für die Berliner Gruppe wichtig, wenn sie schreibt, daß "bisher außer quantitativ nicht auswertbaren sonagraphischen Untersuchungen keine systematischen Frequenzanalysen pathologischer Stimmen vorliegen "(13). Ob meine im folgenden niedergelegten Untersuchungen auch zu dem erfreulichen Urteil der Berliner (13) Anlaß geben("Unter den über eine subjektive Befundung hinausgehenden Untersuchungsmethoden erscheint bei verfügbarem Rechnersystem die Stimmfrequenzanalyse mittels der Fast Fourier-Transformation in Bezug auf die Aussagekraft, die Belastung des Patienten und den Aufwand an Spezialapparaturen am geeignesten."), soll am Ende des Aufsatzes gezeigt werden.

4. Physikalisch-technische Grundlagen des Verfahrens

4.1 Fourier-Analyse, FFT-Spektrum, Leistungsdichtespektrum

Nach dem Theorem des Franzosen FOURIER (1824) läßt sich jede Art von noch so komplexen Schwingungen als Überlagerung einer Reihe von einfachen, harmonischen (d.h. sinusförmigen) Schwingungen darstellen: "Ist eine von einer Veränderlichen, beispielsweise also von der Zeit t abhängige Funktion $F(t)$ im Bereich $T=t_1 - t_2$ stetig, so ist sie eindeutig darstellbar durch den Ansatz

$$F(t) = a_1 \sin \frac{2\pi}{T} t + a_2 \sin 2 \frac{2\pi}{T} t + a_3 \sin 3 \frac{2\pi}{T} t + \dots$$

$$+ \frac{1}{2} a_0 + b_1 \cos \frac{2\pi}{T} t + b_2 \cos 2 \frac{2\pi}{T} t + b_3 \cos 3 \frac{2\pi}{T} t + \dots$$

(zitiert nach TRENDLENBURG, 36)

G.S.OHM hat 1843 als erster die Anwendbarkeit der Fourier-Analyse auf (zusammengesetzte) Schallvorgänge untersucht. Nach seiner Meinung analysiert das Ohr einen periodischen Vorgang nach Art des Fourier-Theorems. Untermauern konnte 1863 von HELMHOLTZ diese Annahme von OHM mit seiner "Einort-Theorie": "Fällt ein Schall auf das Ohr, so kommen diejenigen Fasern (der Basilmembran) zum Mitschwingen, deren Eigenschwingung mit der Frequenz des auffallenden Schalles übereinstimmt. Nach dieser Theorie ist also jedem Ton bestimmter Frequenz auch ein ganz bestimmter Ort maximalen Mitschwingens zugeordnet" (zitiert aus TRENDLENBURG, 36). Dabei entsprechen die Erregungsstärken den Fourier-Amplituden. Das aus beiden Aussagen sich herleitende "OHM-HELMHOLTZ'sche Grundgesetz der physiologischen Akustik" beinhaltet nach HELMHOLTZENS eigenen Worten: "Das menschliche Ohr empfindet nur eine pendelartige Schwingung der Luft als einfachen Ton, jede andere periodische Luftbewegung zerlegt es in eine Reihe von pendelartigen Schwingungen und empfindet die diesen entsprechende Reihe von Tönen" (zitiert aus TRENDLENBURG, 36). Die nach dem Fourier-Theorem stattfindende Zerle-

gung in sinusförmige Bestandteile läßt für den Bereich der Akustik einen Grundton und höhere Partial- oder Obertöne erkennen, deren Perioden immer einen Bruchteil ($T/2$; $T/3$; $T/4$...) der sogenannten Grundperiode T des Grundtones ergeben. (Nur der Vollständigkeit halber soll noch aufgezählt sein, daß die HELMHOLTZ'sche Hörtheorie von den inzwischen allgemein anerkannten Forschungsergebnissen, die von BEKÉSY 1943 vorgelegt hat, abgelöst worden ist. Danach erkennt das Innenohr die Tonhöhe mittels einer auf der Basilarmembran sich in Richtung auf das Helicotrema ausbreitender Welle, die durch die Schwingungen der Steigbügelplatte hervorgerufen ist. Die Amplitude dieser Wanderwelle wächst bis zu einer bestimmten Stelle an und fällt dann in sich zusammen, "ähnlich den Wellen, die auf einen flachen Strand auslaufen" (BOENNINGHAUS, 7). Dabei entsteht eine räumliche Trennung nach Frequenzen (Dispersion), wobei niedrige Frequenzen ihr Amplitudenmaximum fensterfern, hohe Frequenzen dagegen fensternah aufweisen; in dieser Beziehung behält die HELMHOLTZ'sche Aussage also weiterhin Gültigkeit. Das "OHM-HELMHOLTZ'sche Gesetz" entspricht mithin nicht mehr dem neuesten Wissensstand!)

Die Fourier-Transformation führe ich im Digitalrechner als FFT durch, wobei nach BUNGE (8) die Fast Fourier-Transformation nicht mehr ist als ein Computeralgorithmus, der es ermöglicht, die komplizierte, eine Anzahl von Multiplikationen enthaltende Berechnung der Fourier-Koeffizienten relativ schnell durchzuführen. Erst mit Hilfe dieses Algorithmus sei die für einige Anwendungen erforderliche mehrmalige Berechnung von Fourier-Spektren praktisch durchführbar geworden. - Durch die Fourier-Transformation erhalte ich ein Spektrum, das aus einem Real- und einem Imaginärteil besteht. Auf der Ordinate sind die Amplitudenwerte, auf der Abszisse die Frequenzahlen aufgetragen. Im Gegensatz zum nachfolgend zu erläuternden Leistungsdichte-Spektrum finden sich im Fourier-Spektrum noch positive und negative Amplitudenwerte. Das sogenannte Leistungsdichte-Spektrum

ist das Ergebnis einer konjugiert-komplexen Multiplikation. Durch diese Operation "fällt der Imaginärteil heraus", es entstehen nur reelle Zahlen mit positivem Vorzeichen. Wieder sind die Amplituden auf der y-, die Frequenzwerte auf der x-Achse aufgetragen. Ein nicht-sinusförmiger periodischer Schallvorgang (=Klang) stellt sich nach FFT in seinem Leistungsdichte-Spektrum wie folgt dar: Er ist in die entsprechende Zahl harmonischer Sinusschwingungen verschiedener Frequenz zerlegt. Die Intensität jeder einzelnen Frequenz ergibt sich als Summe aus der Amplitude der betreffenden Sinusschwingung und der Häufigkeit ihres Vorkommens während einer bestimmten Zeit, zum Beispiel der Aufnahmezeit.

4.2 Tonhöhenabsenkung

Die Intensitäten der Frequenzen von 0 bis 1000 Hz (und, soweit vorhanden, im Gebiet von über 10000 Hz) wurden um - 6 dB/Oktave abgesenkt, um ein relatives Hervortreten des dazwischenliegenden Bereiches (1000-10000 Hz) zu erzielen (sh. Abb. 2!).

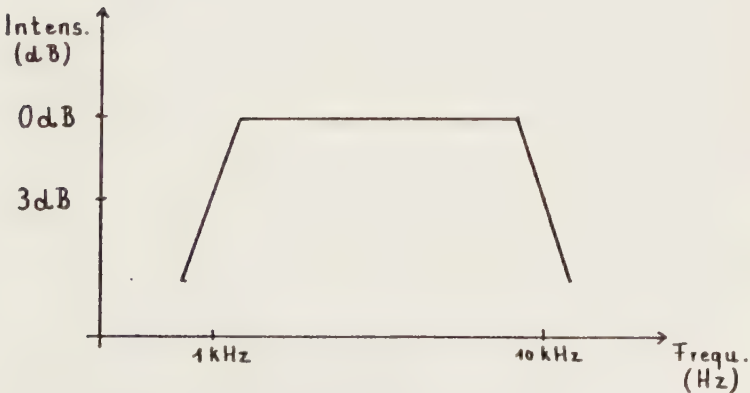


Abb. 2

4.3 Bestimmung des Frequenzbereiches innerhalb des Spektrums, Problematik der Aufnahmezeit eines Signals

Wie bestimme ich den Frequenzbereich des Spektrums (z.B. 0-10000 Hz)? Spielt die Aufnahmezeit eines Signals, das ich analysieren möchte, eine Rolle? Ziel der Arbeit war es, für das zu untersuchende Stimmaterial eine Aussage im Bereich von 0-10000 Hz zu erhalten. Bei der Durchführung der Fourier-Analyse verfährt ein Digitalrechner in der Weise, daß er die vorliegende Zeitfunktion in äquidistanten Zeitabständen abtastet ("sampling"-Verfahren), um die Zeitfunktion in eine zeitliche Folge von Ziffernwerten zu überführen. Nach dem sogenannten Abtasttheorem muß die Zahl der Abtastimpulse pro Zeiteinheit mehr als doppelt so hoch sein wie die höchste zur Analyse vorgeschlagene Frequenz, damit eine ausreichende Information erhalten bleibt (nach MEYER-GUICKING, 24). Die Abtastfrequenz an unserem Digitalrechner mußte also auf mindestens 20000 Hz eingestellt werden. Als Aufnahmezeit für jede einzelne Stimme haben wir 10 sec. angesetzt, das heißt in dem entstehenden sogenannten "Langzeit"-Spektrum sind alle Frequenzen von 0-10000 Hz aufgelistet, die während 10 sec. in dem entsprechenden Stimmklang enthalten sind. (An einzelnen Beispielen haben wir gesehen, daß ein 10-Sekunden- und ein 30-Sekunden-Spektrum, aufgenommen von ein und demselben Patienten, aber mit verschiedenen Sprechtexten, keine wesentlichen Unterschiede in der Frequenzverteilung ergibt. Deshalb der Gebrauch des weit weniger Rechenzeit in Anspruch nehmenden 10-Sekunden-Spektrums!) Die Amplitudenwerte ergeben sich als die Summen der Energie jeder einzelnen Frequenz in dieser Aufnahmezeit.

4.4 Nach welchen Gesetzmäßigkeiten setzen sich die Kurven (=Frequenzspektren) mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Datenpunkte zusammen?

Je nach Wahl kann der Benutzer des Computers mit 128,256, 512,1024,2048 und 4096 Datenpunkten arbeiten, d.h. er kann einen Kurvenzug nur durch 128 (2^7) oder z.B. durch 4096 Elemente (2^{12}) darstellen. In Zusammenhang mit der

oben schon erwähnten Abtastfrequenz des Digitalrechners (in unserem Fall 20000 Hz) ergeben sich damit bestimmte Möglichkeiten: Für ein Analogsignal (bei uns eine periodische, nicht-sinusförmige Schwingung mit der Dimension "Sekunden" in der x-Achse), das mit der Frequenz von 20000 Hz abgetastet wird, für das aber in der Darstellung nur z.B. 1000 (genau 1024) Punkte "zur Verfügung stehen", bedeutet das auf die Zeiteinheit übertragen: Alle 0,05 msec. ein Punkt oder 0,05 msec./Punkt; die 1000 Punkte sind also nach 50 msec. "verbraucht". Der Abstand von Punkt zu Punkt beträgt $50 : 1000 \text{ msec.} = 0,05 \text{ msec.}$ Bei einer Frequenz von 5000 Hz beträgt die Zeit pro Punkt 0,20 msec., d.h. die Darstellung der abgetasteten Kurve ist viermal "ungenauer". (Während bei dem mit 20000 Hz abgetasteten Kurvenzug nur der Raum zwischen den 0,05 msec.-Schritten nicht "erfaßt" wird, bleibt bei Verwendung der 5000 Hz ein Zwischenraum von 20 msec. unberücksichtigt). Wegen dieser "gröberen" Darstellung sind die im Beispiel verwendeten 1000 Punkte aber erst nach 200 msec. verbraucht. Ein zur Bildung eines Spektrums eingegebenes Analogsignal könnte also pro Kanal viermal länger sein. Wenn die x-Achse nach FFT und Bildung des Leistungsdichte-Spektrums die Dimension "Hz" erhält, ändern sich die Angaben entsprechend, z.B.: 0-10000 Hz sind aufgetragen, man arbeitet mit 1000 Punkten, also folgt: 10 Hz pro Punkt oder Auflösung 10 Hz pro Punkt.

5. Einzelne Arbeitsschritte

Das im Tonbandarchiv der Mainzer Kommunikationsklinik vorhandene Stimmaterial wurde mit dem Telefunken-Studiogerät Magnetophon M5B (Geschwindigkeit 19 cm/sec., Frequenzbereich bis 15000 Hz) aufgenommen. Die zur Untersuchung geeigneten Passagen wurden auf ein UHER-Report-Tonbandgerät (19 cm/sec., 20000 Hz) überspielt, von dem aus nach Tiefenabsenkung (aktives Bandpassfilter Princeton PAR 113) und Amplitudenanpassung (Aussteuerung) die Eingabe der Daten in den Computer (PLURIMAT S, Firma INTERTECHNIQUE) möglich war. Wir arbeiteten bei einer

Abtastfrequenz von 20000 Hz mit 4096 Punkten, d.h. etwa 0,05 msec./Punkt und ungefähr 200 msec. Aufnahmezeit pro Kanal. Die 10 Sekunden-Aufnahme des Analogsignals wurde im Computer gespeichert, dann im eigentlichen Rechengang 50 x 0,2 Sekunden-Abschnitte "heraufgeholt", jeweils in einem Kanal transformiert (FFT, Leistungsdichte-Spektrum) und dann im zweiten Kanal addiert. Das entstandene Spektrum wurde geglättet (um übermäßige Amplitudenzacken zu "schleifen"). Durch Änderung der Punktezahl von 4096 auf 2048 konnte der nicht interessierende Imaginärteil abgetrennt werden, d.h. es bestand eine Auflösung von 5 Hz pro Punkt. Es wurde infolge eines Bedienungsfehlers, der sich durch zwischenzeitliches Auswechseln des Plattensystems nicht mehr korrigieren ließ, die Punktezahl jedoch erneut halbiert, also nur noch mit 1024 Punkten gearbeitet. Die Auflösung von 5 Hz pro Punkt blieb zwar erhalten, der obere Frequenzbereich wurde aber gleichzeitig auf 5000 Hz gesenkt; das Leistungsdichte-Spektrum zeigte deshalb lediglich einen Frequenzbereich von 0-5000 Hz. Das Auswechseln des Plattensystems bedingte zur weiteren Auswertung ein Überspielen des Datenmaterials auf Lochstreifen. Um nicht mit einer so großen Datenmenge arbeiten zu müssen und weil diese Arbeit im Rahmen eines Vorversuches erst die Möglichkeiten der Anwendung klären sollte, wurde dabei die Anzahl der Daten um den Faktor 8 reduziert. D.h. statt bisher durch 1024 wird nun das 5000-Hz-Spektrum durch 128 Datenpunkte dargestellt, 1 Punkt steht gleichsam für 8. Statt einer Auflösung von 5 Hz pro Punkt bedingt das natürlich eine um den gleichen Faktor verschlechterte, also ungefähr 40 Hz pro Punkt bei Darstellung von 0-5000 Hz. Die durch Gehör beurteilten Stimmen wurden in entsprechende Gruppen zusammengelegt (s.u.) und mittels der auf Lochstreifen ausgestanzten Daten durch einfache Addition von Spektren und nachfolgende Division durch ihre Anzahl auf diese Weise für jede einzelne Gruppe ein Mittelwertspektrum erstellt. Zur Orientierung bei der Auswertung wurden die letzten 4 Punkte der Kurve gelöscht, d.h. gleich 0 gesetzt (die Kurve reicht also genau genommen nur bis 4840 Hz), die ganze

Kurve um 2 Punkte nach rechts verschoben und dann die ersten beiden Punkte ebenfalls gelöscht. Die beiden ersten und letzten Punkte miteinander verbunden ergeben eine Null-Linie.

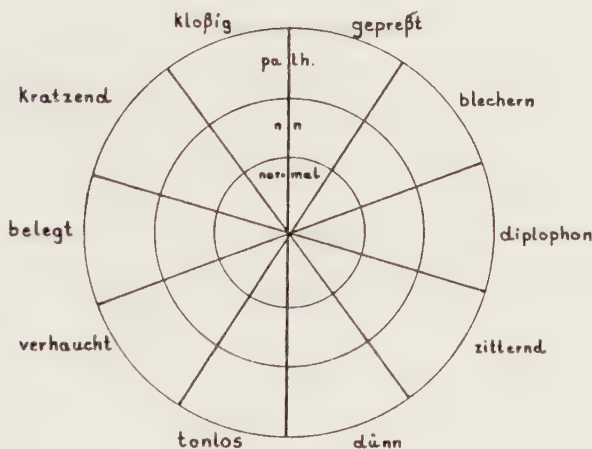
6. Charakterisierung des Stimmaterials durch auf einem Beurteilungsbogen enthaltene Adjektive

NAME:

VORNAME:

NR:

1) STIMMKLANG:



2) STIMMEINSATZ: verhaucht normal gepreßt

3) LAUTSTÄRKE: zulauf normal zuleise

4) SPRECHGESCHWINDIGKEIT: zu langsam unauffällig zu schnell

5) SPRECHTONHÖHE: zu tief angemessen zu hoch

6) DYNAMIK: eintönig gleichmäßig bewegt bis lebhaft zu dynamisch

Diesen Beurteilungsbogen (sh. Abb. 3, S. 23) haben zwei Mainzer Logopädinnen (BITTKAU, von KREBS) in Zusammenarbeit mit meinem Kollegen FISCHER in Anlehnung an ein Schema von HABERMANN (sh. Abb. 1, S. 11) erstellt. Auch dieser Bogen weist in ihrer Bedeutung weitgehend polare Adjektive auf, wobei drei Abstufungen (eindeutig pathologisch-p-, eindeutig normal-n-, Übergangsstadium-nn-) möglich sind. Anders als bei HABERMANN (16) besteht die Möglichkeit, die Sprechtonhöhe zu beschreiben (zu hoch-normal-zu tief), wobei die Aussage natürlich nur für d. zur Untersuchung verwendeten Tonbandausschnitt möglich ist. - HABERMANN (16) verwendet diese Charakteristika nicht ("In dem von mir entworfenen Formblatt fehlt als Bezugspaar zu hoch oder zu tief. Eine zu hohe oder zu tiefe Stimme sind ohne längere Beobachtung schwer abzuschätzen ... Die Bestimmung der Indifferenzlage der Stimme bleibt oft in praxi ohne Benutzung geeigneter Apparaturen ... unbefriedigend."). Diese Einwände sind sicher im Prinzip richtig. Nur kann m.M. nach auch bei kürzerer Sprechzeit eine gröbere Abweichung vom Normbereich (z.B. bei Mutationsfistelstimme) durchaus festgestellt werden. Eine derartige Beurteilung kann ohne Zweifel (bei Beachtung der Aussagekraft!) die Beschreibung einer kranken Stimme verbessern. - Wie auch im HABERMANN'schen Schema muß auf unserem Formblatt der Untersucher nicht bei jedem Gegensatzpaar ein Kreuz setzen. Dies sollte nur geschehen, wenn eine eindeutige Zuordnung möglich ist. (HABERMANN, 16: "Sicher wird der Beurteiler mit dem Gehör aus dem komplexen Stimmklang jeweils bei einer Einzelperson nicht allzu viele dieser charakteristischen Merkmale heraushören können.")

7. Datenmaterial, kurze Erläuterung der Stimm- und Sprachstörungen

Aus dem Tonbandarchiv der Mainzer Universitätsklinik für Kommunikationsstörungen habe ich alle Aufnahmen der letzten sechs Jahre herausgesucht, die mir von Qualität und Länge her zur Untersuchung geeignet erschienen. Das waren 85 Patienten, von denen insgesamt 188 10-Sekunden-Abschnitt-

te verwendet wurden. Mehrere (natürlich unterschiedliche) Aufnahmen von einem Patienten erschienen mir, soweit möglich, deshalb angebracht, um eventuelle Unterschiede in der Frequenzverteilung und -amplitude z.B. bei Lese-text und Zählen (Zischlaute!), also bei unveränderter Stimmqualität oder z.B. vor und nach Therapie, also bei erhoffter Änderung (Besserung) der Stimmqualität, zu erfassen. Eine besonders exakte Vergleichsmöglichkeit bietet sich an, wenn der gleiche Text (oder die gleichen Zahlen) vor und nach Therapie untersucht wurden. - Diese kurze Beschreibung läßt schon erkennen, wo bei eventuell routinemäßigem Einsatz der Computeranalyse in der Zukunft Verbesserungen, z.B. bei der Standardisierung der auf Tonband gesprochenen Worte, nötig sind.

Unter dem untersuchten Material aus dem Tondbandarchiv fanden sich folgende Diagnosen: Rhinolalia aperta, mixta, clausa; Sigmatismus lateralis, nasalis, velaris; Dysarthrien verschiedener Ursache als reine Sprach- bzw. gemischt Sprach-Stimmstörungen sowie als reine Stimmstörungen funktionelle Dysphonie, hyperkinetische Dysphonie, Taschenbandstimme, psychogene Aphonie, spastische Dysphonie, Mutationsstimmstörungen, Recurrensparese, Rülps Sprache.

Hierzu ganz kurze Erläuterungen:

7.1 Rhinolalie

Nach BAUER (2) ist das "Näseln eine Sprachstörung, bei der die suprapalatalen Räume des Ansatzrohres (Epipharynx, Nasenhöhlen) an der Bildung der Laute zu intensiv (offenes Näseln) oder in zu geringem Maße (geschlossenes Näseln) beteiligt sind". Neben diesen beiden Formen (Rh. aperta, Rh. clausa) können noch das gemischte Näseln (Rh. mixta) und die Gaumenspalten Sprache (Rhinoglossie) abgetrennt werden.

7.2. Sigmatismus

Unter Sigmatismus versteht man das "Stammeln der S-Laute und des SCH, bisweilen auch der beiden CH" (BAUER, 2). Dabei kann "das S auch fehlen (Asigmatismus) oder durch einen anderen Laut der Muttersprache ersetzt sein (Parasigmatismus)".

7.3 Dysarthrien

Sie sind durch "Störungen der Aussprache infolge Erkrankungen der zentralen Bahnen und Kerne der am Sprechvorgang beteiligten Nerven verursacht" (ARNOLD, 1). Aus der Definition geht hervor, daß die Symptomatik dieser Störung kaum von der Ursache (z.B. Tumor, Blutung), sondern wie auch bei anderen Krankheitsbildern hauptsächlich von der Lokalisation abhängig ist.

7.4 - 7.8 Funktionelle Dysphonie, hyperkinetische Dysphonie, Taschenbandstimme, psychogene Aphonie, spastische Dysphonie

Funktionelle Dysphonien oder funktionelle Stimmstörungen (sie bilden in einer nicht unumstrittenen Einteilung mit den sogenannten organischen Störungen die Gesamtgruppe der Stimmstörungen) sind dadurch gekennzeichnet, daß keine morphologische Veränderung im Bereich des Kehlkopfes unmittelbar die stimmliche Fehlleistung verursacht. Eine mittelbare Wirkung im Sinne einer "Prädisposition" oder eines "auslösenden Momentes" (BERGER, 4,5) widerspricht dieser Definition nicht. Die funktionellen Stimmstörungen werden seit 1920 (FRÖSCHELS, 11) in zwei Untergruppen eingeteilt, die PERELLÓ (31) 1962 in einer heute anerkannten Terminologie Phononeurosen bzw. Phonoposen nannte. Phononeurosen sind im wesentlichen psychogen bedingte funktionelle Stimmstörungen, während Phonoposen nach PASCHER und JOHANNSEN (28) "Folge einer fehlerhaften, unökonomischen Stimmgebung oder einer kontinuierlichen Stimmbelastung, also weitgehend mechanisch verursacht sind". Zu den Phonoposen zählen PASCHER und JOHANNSEN (28) z.B. auch die hyperkinetische Dysphonie (sie ist "durch eine aus dem ökonomischen Arbeitsbereich herausfallende unphysiologische Überfunktion der verschiedenen an Stimmgebung, Artikulation und Atmung beteiligten Muskelsysteme charakterisiert") und die Taschenbandstimme (sie kann "erwünscht" und "unerwünscht" sein; im ersten Fall übernehmen die Taschenbänder eine Ersatzfunktion für die irgendwie geschädigten Stimmbänder, im anderen Fall - die Stimmbänder sind in -

takt! - entsteht eine der hyperkinetischen Dysphonie ähnliche Störung). Die Phononeurosen beinhalten Störungen wie die psychogene Aphonie (sie meint nach BÖHME (6) eine "Tonlosigkeit der Stimme, bei der der Kranke lediglich zu flüstern vermag", während "der Hustenstoß tönend und vollklingend, das Lachen stimmhaft" ist.) und die selten vorkommende spastische Dysphonie, eine etwas uneinheitlich definierte Stimmstörung, bei der nach LUCHSINGER (23) "die Stimme nach einem knarrenden Stimmeinsatz gepreßt klingt und die betonten Vokale oft in zwei Silben unterteilt hervorgebracht werden".

7.9 Mutationsstimmstörungen

Mit dieser Erkrankung sind im vorliegenden Patientengut die sogenannten Mutationsfistelstimmen gemeint. Sie sind im wesentlichen funktionell bedingt und nach PASCHER und JOHANNSEN (29) durch eine wenig tragfähige, dünne, rauhe, rasch ermüdende Stimme gekennzeichnet, wobei die mittlere Sprechstimme höher liegt als vor der Mutation.

Typische organische Stimmstörungen sind die Recurrens- parese und die Rülps Sprache:

7.10 Die Recurrens- parese wird durch eine Lähmung der gleichseitigen inneren Kehlkopfmuskeln hervorgerufen. Bei einseitigem Befall stehen nur stimmliche Symptome im Vordergrund, bei der doppelseitigen Lähmung kann zusätzlich eine mitunter schwere Atembehinderung auftreten.

7.11 Die Rülps Sprache erlaubt nach Laryngektomie eine weitere sprachliche Verständigung, wobei eine Schleimhautfalte (z.B. am Oesophagusmund) die Funktion einer Glottis übernimmt.

8. Kurzer Hinweis auf die Arbeit von FISCHER (9)

Bevor ich auf die Ergebnisse in meiner Untersuchung zu sprechen komme, möchte ich kurz die Dissertation von FISCHER (9) erwähnen, besonders unter Berücksichtigung der auch für mich wichtigen "Normalspektren": In seiner noch nicht veröffentlichten Arbeit beschäftigt sich FISCHER mit der computergesteuerten Frequenz-

analyse bei stimmgesunden Probanden. 75 nicht in sprach-
ärztlicher Behandlung stehende bzw. allgemein als stimm-

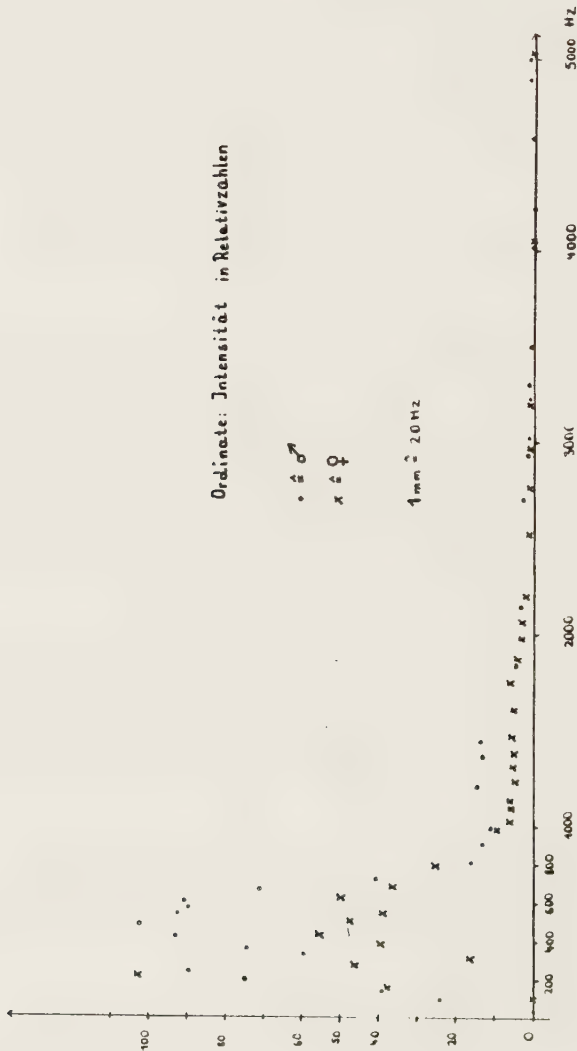


Abb. 4

gesund geltenden Personen jüngeren Alters (Studenten,
Logopädinnen), von den 38 männlich und 37 weiblich

waren, ließ FISCHER auf Tonband u.a. 30 sec. lang frei sprechen, wobei auf fließendes Erzählen zu achten war. Dann wurde von jeder dieser 75 Aufnahmen ein 30 sec.-Langzeitspektrum erstellt und anschließend als erstem Arbeitsschritt "das" mittlere Leistungsdichte-Spektrum für Männer und Frauen errechnet (sh. Abb. 4 S.28 !). Mit meinen eigenen Worten möchte ich die beiden Kurven folgendermaßen beschreiben:

Kurve der Männer: Sie erreicht ihr erstes Maximum bei 240 Hz; nach einem dazwischenliegenden Minimum von 330 Hz findet sich der absolute Höchstwert bei 480 Hz. Danach fällt die Kurve, eine kleine Spitze bei 600 Hz bildend, recht steil ab und zeigt bei 1000 Hz ein weiteres Minimum. Zwischen 1000 und 2000 Hz verläuft sie in leichter Bogenform, wobei sie noch einmal bei 1200 und 1440 Hz kleinere Maxima erreicht. Der Verlauf zwischen 2000 und 5000 Hz erstreckt sich bei ganz geringen Amplitudenwerten fast parallel der x-Achse.

Kurve der Frauen: Die Kurve steigt von der 0-Linie bei 100 Hz recht steil zu ihrem absoluten Maximum (220 Hz) empor. Dieser Wert entspricht ungefähr der Frequenz des ersten Höchstwertes bei den Männern (240 Hz). Interessant ist ebenfalls, daß die Amplitudenwerte der absoluten Maxima von Männern und Frauen gleich sind (sh. Abb. 4, S. 28 !). Bei 320 Hz erreicht die Kurve nach steilem Abfall ihr erstes Minimum und zeigt bei 430 Hz ein zweites Maximum. Über einen weiteren Niedrigwert bei 550 Hz (zweites Minimum) und ein drittes Maximum bei 630 Hz fällt die Kurve ähnlich der der Männer auf ein weiteres (drittes) Minimum hinter 1000 Hz ab und bildet im Bereich zwischen 1000 und 2000 Hz mehrere kleine Maxima (1120, 1300, 1460, 1740 Hz). Der weitere Verlauf kurz hinter 2000 Hz bis zum Ende entspricht dem bei den Männern Gesagten (sh. auch Tab. 1, S. 30 !).

Im Bereich bis 1000 Hz unterscheiden sich die Kurven von Männern und Frauen nur unwesentlich in der Lage der Maxima und Minima. Lediglich die Amplituden sind im Bereich zwischen 200 und 800 Hz verschieden, wobei die Intensität bei den männlichen Probanden größer ist als bei den

weiblichen. Dabei ist auffallend (wie schon oben erwähnt), daß die Amplituden für die absoluten Maxima bei den Männern (480 Hz) und bei den Frauen (220 Hz) fast gleich groß sind. Zwischen 1000 und 2000 Hz ist eine geringere Übereinstimmung der Kurven feststellbar, was jedoch durch den niedrigen Energiebereich nicht sehr ins Gewicht fällt. Hinter 2000 Hz finden sich keine Unterschiede mehr. - FISCHER kommt, zusätzlich sich auf statistische Auswertung stützend, zu folgendem Ergebnis: Beide Kurven wie-

♂	1. Max.	1. Min.	2. Max.	3. Max.
errechnete Grund-				
frequenz: 420 Hz	240	330	480	600
errechnete Obertöne:	240 (1.)		480 (3.)	600 (4.)

♂	2. Min.	4. Max.	5. Max.
	1000	1200	1440 HZ
		1200 (9.)	1440 (11.) HZ

♀	1. Max.	1. Min.	2. Max.	2. Min.
errechnete Grund-				
frequenz: 240 Hz	220	320	430	550
errechnete Obertöne:			420 (1.)	

♀	3. Max.	3. Min.	4. Max.	5. Max.	6. Max.	7. Max.
	630	1000	1120	1300	1460	1740 HZ
	630 (2.)		1260 (5.)		1470 (6.)	1680 (7.)
					1730 (8.)	

Tab. 1; Lage der Maxima und Minima in den Normalspektren aus FISCHERS Arbeit

sen rein optisch eine große Ähnlichkeit auf. Durch die Statistik seien keine signifikanten Unterschiede zu bestimmen, da die Streuung beider Spektren zu groß sei.

Wegen dieser großen Streuung innerhalb der 75 Probanden empfiehlt FISCHER eine größere Gruppenstärke. - Nachdem FISCHER bis jetzt mit Mittelwertspektren gearbeitet hatte, d.h. mehreren Probanden mit gleichem Text, untersuchte er im zweiten Arbeitsschritt, welchen Einfluß verschiedene Texte des gleichen Sprechers auf die entsprechenden Spektren ausüben. Das Ergebnis faßt er so zusammen: Die Kurven seien für das Auge untereinander gleich, statistisch ergebe sich jedoch wieder, besonders im Bereich über 4500 Hz, eine große Streubreite. In einem dritten Arbeitsschritt bestimmte FISCHER die mittlere Grundfrequenz der aufgenommenen Texte getrennt für Männer und Frauen und verglich sie mit Werten in der Literatur. Schließlich führte er als letztes noch eine Grundton- und Obertonanalyse durch.

In der Diskussion weist FISCHER darauf hin, daß der Hauptenergiebereich der Spektren unter 2000 Hz liege; bei zukünftigen Untersuchungen, jedenfalls solchen gesunder Stimmen, sei deshalb das bis 2000 Hz reichende Spektrum ausführlicher zu untersuchen, während der darüberliegende Frequenzbereich vernachlässigbar sei. Die im Moment noch große Rechenzeit möchte er durch geringere Auflösung verkürzen. Die bei dieser geringeren Auflösung gleichzeitig bewirkte Verkleinerung der Datenmenge sei nicht unerwünscht, da eine überschaubare Datenmenge eher vernünftige Aussagen zulasse. Schließlich stellt FISCHER die Frage, wie bei Stimmgesunden die außerhalb der zu berechnenden Grund- und Obertonbereiche liegenden Amplituden zu bewerten seien. - Zusammenfassung von FISCHER: Es seien viele Einzelbeschreibungen möglich, jedoch nur relativ wenig Aussagen.

9. Auswertungskriterien der Mittelwertspektren

Für die folgende Charakterisierung der eigenen Mittelwertkurven sollen folgende Kriterien gelten:

Wann erreicht die Kurve die 0-Linie bzw. nähert sich ihr auf 2 mm oder weniger?

Wo liegt das absolute Maximum, wo liegen weitere Maxima?

Wo liegen Minima?

Da den von mir errechneten Mittelwertspektren zwar un-

tereinander der gleiche Maßstab zugrundeliegt, dieser sich aber von dem der beiden Normalkurven unterscheidet, mußte zum Vergleich der den 2 mm entsprechende Wert für die Normalkurven bestimmt werden. Unter der Überlegung, daß dieser sich entsprechend den Amplitudengrößen ändert, ergab sich: Die festgelegten 2 mm der Mittelwertspektren verhalten sich zur durchschnittlichen Maximalamplitude aller 19 Spektren wie x mm auf der Normalkurve zu deren absoluten Maximum: $x = 4,25$ mm. Diesen Abstand zur x-Achse erreicht die Kurve der Männer bei ungefähr 2000, die der Frauen bei ungefähr 1880 Hz.

10. Vergleich der einzelnen Spektren

Auf der y-Achse ist jeweils die Intensität in linearem Maßstab aufgetragen, ohne daß Relativzahlen verwendet werden, die x-Achse zeigt die einzelnen Frequenzen in Hz.

Spektrum 2 u. 3 (sh. S.65)

Spektrum 2 stellt die Mittelwertkurve von 15 Aufnahmen mit der Diagnose Rhinolalia aperta dar, während Kurve 3 zusätzlich zwei Aufnahmen mit Rhinolalia mixta und drei einer nur als Rhinolalie bezeichneten Sprachstörung wiedergibt, d.h. Spektrum 3 zeigt das Mittelwertspektrum aller zur Untersuchung verwendeten Rhinophonien. Die beiden Kurven unterscheiden sich untereinander nur sehr wenig. Die Maxima und Minima liegen an entsprechenden Stellen ; den 2 mm-Abstand, der erkennen läßt, daß ein Bereich mit nur geringer Energie beginnt, erreichen beide Kurven hinter 1600 Hz. Lediglich die Amplitude des zweiten Maximums bei 234 Hz erscheint in Kurve 2 gegenüber 3 deutlich erhöht, während umgekehrt bei Spektrum 2 das fünfte Maximum (bei ungefähr 900 Hz) gut erkennbar einen größeren Wert aufweist. Im Vergleich zur Normalkurve fallen die bis zur 1000 Hz-Grenze um 2 vermehrten Maxima mit dazwischenliegenden deutlichen Energieverlusten auf, wobei den Normalamplituden bei ungefähr 230, ungefähr 450 und ungefähr 615 Hz die Höchstwerte bei 234, 469 und 664 Hz der Rhinophonien doch recht ähnlich sind. Auch die Lage des absoluten Maximums bei 469 Hz fällt in den Bereich, der durch die entsprechenden Amplituden des männlichen

(480 Hz) und weiblichen (220 Hz) Normalspektrums gegeben ist (wenngleich unter den Patienten mit Rhinophonie die weiblichen deutlich in der Überzahl sind). Die Spitze bei 1172 Hz findet vielleicht eine Entsprechung in dem 1200 Hz-Gipfel der männlichen Normalkurve, obwohl die Energie wesentlich geringer ist. Wie schon oben erwähnt, treffen die Rhinophoniespektren den 2 mm-Bereich kurz hinter 1600 Hz, während der vergleichbare Punkt für die Normalkurven zwischen 1900 und 2000 Hz liegt. Der die Hauptintensität beinhaltende Frequenzbereich ist also verkleinert.

Spektrum 4 bis 7 (sh. S.66 u. 67)

Spektrum 5 liegen 4 Aufnahmen (Frauen und Männer) mit der Diagnose Sigmatismus lateralis zugrunde, Spektrum 6 verwendet 2 als Sigmatismus nasalis bezeichnete Sprachstörungen (nur Männer), während 4 Sprachstellen von männlichen Patienten mit Sigmatismus velaris die Grundlage zu Kurve 7 bilden. Kurve 4 stellt ein Mittelwertspektrum aller hier aufgelisteten Sigmatismen dar.

Am auffallendsten sowohl gegenüber den anderen 3 Kurven als auch im Vergleich mit dem Normalspektrum ist zweifelsohne Kurve 6. Endgültig im 2 mm-Bereich verbleibt sie erst ab 3008 Hz, nachdem sie aber schon früher bei 391, 1641, 1914, 2226 und 2539 Hz sich der x-Achse genähert hatte. Wenn zusätzlich noch beachtet wird, daß Punkt 0,1,2, also die Frequenzen von 0 - 120 Hz, in dem Spektrum nicht vertreten sind (0-Amplitude - allerdings nur den gesondert ausgedruckten, die jeweilige Amplitudengröße angegebenden Zahlenwerten zu entnehmen -), so bedeutet dies:

- Bis in den Bereich von 3000 Hz eine über die 2 mm-Grenze hinausgehende Amplitude, d.h. ein größerer Anteil höherfrequenter Schwingungen als in der Normalkurve.
- Das intermittierende Erreichen fast der 0-Linie besonders zwischen 1500 und 3000 Hz zeigt, daß die in diesen "Talbereichen" liegenden Frequenzen nur schwach bei der Ausbildung des Stimmklanges beteiligt sind. (Eine Integration unter der "Kurve" von 0-3000 Hz

könnte die geringe Gesamtenergie aufzeigen.)

Die Lage des absoluten Maximums bei 273 Hz unterscheidet sich von der beim männlichen Normalspektrum (480 Hz), während die Zahl der Maxima insgesamt nicht nur gegenüber der Normalgruppe bemerkenswert ist. Am ehesten zu vergleichen mit der Kurve 6 ist unter den übrigen 2 "Sigmatismus-Spektren" Kurve 7. Auch sie erreicht schon früh den 2 mm-Bereich (übrigens an der gleichen Stelle wie Kurve 6, nämlich bei 391 Hz!), auch bei ihr beginnt der energiearme Frequenzbereich (≤ 2 mm) "später" als bei der männlichen Normalkurve (2187 Hz), wenngleich der Unterschied nur gering ist. Dreimal weist sie Ähnlichkeit zum Normalspektrum auf:

- Die 3 Maxima mit großer Intensität liegen bei diesen bei 240, 480 und 600 Hz, während das Spektrum des Sigmatismus velaris seine 3 ersten Maxima bei 234, 469 und 664 Hz aufweist.
- Nach dem dritten Maximum bei ungefähr 600 Hz (Normalkurve) bzw. dem vierten bei 820 Hz (Sigmatismus velaris) erfolgt bei beiden ein steiler Abfall in den 1000 Hz-Bereich.
- Der Abschnitt zwischen 1000 und 2000 Hz zeigt bei beiden Kurven einen relativ intensitätsarmen Bereich, in dem sich nicht - wie z.B. bei Spektrum 6 - Spitzen finden.

Das absolute Maximum liegt um 469 Hz.

Spektrum 5 (Sigmatismus lateralis): Im Gegensatz zur Normalkurve und besonders zu den beiden vorigen Spektren tritt diese Kurve schon recht früh (bei 1289 Hz) endgültig in den 2 mm-Bereich ein; allerdings hatte auch sie schon vorher (wie Spektrum 6 u. 7) mehrmals den 2 mm-Abstand unterschritten (bei 820 u. 1055 Hz), was allen 3 Sigmatismus-Kurven somit eigen ist. Wie bei Kurve 7 und dem Normalspektrum zeigt sich auch bei ihr ein recht steiler Abfall zum 1000 Hz-Gebiet hin, ab welchem Wert wiederum nur noch geringe Intensitäten, wenn auch oberhalb der 2 mm-Grenze, zu finden sind. Durch die tiefen "Täler" zwischen den recht "schmalbasigen Spitzen" (wie bei Kurve 6!) als auch das frühe Erreichen der 0-Linie

(bzw. 2 mm) weist dieses Spektrum eine geringe Gesamtintensität auf. Die größte Amplitude erkennt man bei 508 Hz, sie liegt also am oberen Normbereich im Vergleich zur Normalkurve.

Spektrum 4 (alle hier aufgeführten Sigmatismen): Diese Kurve stellt mithin eine "gemittelte" Kurve der Sigmatismen dar und zeigt erwartungsgemäß entsprechende Auffälligkeiten. Das erste Maximum (gleichzeitig größte Amplitude) liegt bei 273 Hz. Der endgültige Eintritt in den 2 mm-Bereich liegt bei 1953 Hz (also Normbereich), da die zwischen 2000 und 3000 Hz vorhandenen kleineren Gipfel der Kurve 6 durch die geringe Intensität ($\approx$ 2 mm) in Spektrum 5 "aufgehoben" werden. Die beiden Maxima bei 1484 und 1797 Hz aus der Kurve 6 sind in Spektrum 4 an entsprechender Stelle gut wiederzufinden. Der bei allen 3 Kurven zu verzeichnende steile Abfall auf 1000 Hz ist auch auf Kurve 4 ersichtlich. Die 4 Maxima zwischen 0 und 1000 Hz (bei 273, 508, 664 und 937 Hz) ergeben sich zwanglos, da auch die anderen Sigmatismuskurven bis auf 2 Ausnahmen in diesen Bereichen Maxima aufweisen können. Die Gesamtintensität bei Spektrum 4 ist (z.B. im Vergleich zu Kurve 6) zwischen 0 und 1000 Hz deutlich vergrößert, was hauptsächlich wohl auf den "Einfluß" der Kurve 7 zurückzuführen ist. Ebenfalls durch die Mittelungen bedingt nähert sich Spektrum 4 nur einmal vor endgültigem Erreichen des 2 mm-Bereiches der x-Achse deutlich (bei 1719 Hz; im Gegensatz dazu 5 x Kurve 6, 3 x Kurve 7!). Trotz im einzelnen etwas unterschiedlicher Werte für Maxima und Minima und trotz eines vierten Maximums noch vor der 1000 Hz-Grenze scheint mir Spektrum 4 noch am ehesten der Normalkurve ähnlich zu sein.

Spektrum 8 (sh. S.68)

Es gibt 2 Aufnahmen einer Patientin wieder, die neben einer Rhinolalia aperta eine Sigmatismus haben soll. An der Kurve fällt auf den ersten Blick auf, daß, von zwei kleineren Spitzen abgesehen, hinter 586 Hz keine nennenswerten Amplituden mehr zu verzeichnen sind. Ähnlich Kurve 6 (Sigmatismus nasalis) ist die untere im Spek-

trum vorhandene Frequenz 120 Hz. Vor dem endgültigen "Eintreten" in den 2 mm-Bereich bei 937 Hz (also um ungefähr 1000 Hz eher als die Normalkurve und Kurve 4, ungefähr 700 Hz eher als Kurve 2 (Rhinolalia aperta)) nähert sich der Kurvenzug dreimal (312, 586, 703 Hz) der x-Achse. Dieses Phänomen (s. oben) konnten wir bei der Rhinolalia aperta nicht, beim Sigmatismus (Spektrum 4) einmal, beim Sigmatismus nasalis fünfmal, beim Sigmatismus velaris dreimal und beim Sigmatismus lateralis zweimal finden, wenngleich bei den Sigmatismuskurven die allermeisten Minima in x-Achsen-Nähe (2 mm-Abstand) erst hinter 1000 Hz zu erkennen sind, in einem Bereich also, in dem Spektrum 8 nur noch äußerst geringe Intensitätswerte aufweist. Die 4 Maxima der Kurve liegen bei 234, 469 (Maximalamplitude), 664 und 898 Hz, also fast identisch dem zweiten bis fünften Maximum (234, 469, 664 und 937 Hz) aus Spektrum 2 (Rhinolalia aperta) und, wie schon bei der Besprechung der Rhinophonien erwähnt, der Normalkurve !

Spektrum 9 (sh. S.68)

Das Spektrum enthält 23 Aufnahmen von männlichen Patienten mit Mutationsstimmstörungen (Fistelstimme), teilweise nach Behandlung (sh. Diskussion). Im Gegensatz zu den bisher besprochenen Kurven 4 bis 8 einschließlich, deren Minima zwischen 0 und 1500 Hz häufig bis in die Nähe der x-Achse herunterreichten und damit Frequenzbereiche, die in der 10 sec.-Aufnahme nicht häufig bzw. nicht stark vertreten waren, andeuteten, zeigt dieses Spektrum zwischen 0 und 1500 Hz ganz ähnlich dem männlichen Normalspektrum eine "breite, nicht von tiefen Tälern zerschnittene Basis". Die Kurve erreicht bei 1797 Hz, also ungefähr 200 Hz vor der Normalkurve, den 2 mm-Bereich. Erstes und drittes Maximum (234, 508 Hz) weisen eine ähnliche Lage auf wie im Normalspektrum erstes und zweites Maximum (240, 480 Hz), was ebenfalls für die Maximalamplituden (unterstrichen) zutrifft. Auch die jeweils ersten Minima beider Kurven entsprechen sich (312 bzw. 330 Hz). Wie beim Normalspektrum und fast allen bisher behandelten Spektren ist auch bei der Kurve der Mutationsstimmstörung ein deutlicher Ab-

fall zum 1000 Hz-Bereich hin zu erkennen. Ein weiteres Maximum bei 1172 Hz ist vielleicht mit dem bei 1200 Hz auftauchenden Gipfel der männlichen Normalkurve zu vergleichen. Das Spektrum ähnelt der Normalkurve mehr als alle bisher besprochenen !

Spektrum 10 bis 12 (sh.S.69 u. 70)

Die nächsten 3 Spektren stammen von Patienten, die wegen der Diagnose' Dysarthrie in der Kommunikationsklinik behandelt wurden (Kurve 10: 48 männliche und weibliche, Kurve 11: 14 männliche und weibliche Patienten). In Kurve 12 wurden die Spektren 10 und 11 gemittelt, also eine Kurve für die Dysarthrie erstellt. (Wie schon kurz angeschnitten, ist die Gruppe der Dysarthrien sehr heterogen und die resultierende Stimm- bzw. Sprachstörung entsprechend sehr unterschiedlich, wobei, wie ebenfalls erwähnt, Art und Ausmaß im wesentlichen nicht durch die auslösende Ursache, sondern den Ort (Kerne, Bahnen) der Erkrankung bestimmt werden. Wegen dieser Heterogenität erscheint ein Vergleich der willkürlich zusammengesetzten Spektren reizvoll, ein Vergleich, bei dem starke Abweichungen in beiden Kurven nicht überraschen würden.)

Spektrum 10: Bei 1797 Hz erreicht es die 2 mm-Grenze, also früher als das Normalspektrum. Die beiden ersten Maxima liegen wie zwei "Kirchtürme" zusammen (312, 391 Hz), danach folgt zwischen 469 und 625 Hz ein kleines zweigipfliges Plateau, bevor die Kurve unter Zwischenschaltung eines weiteren kleinen Maximums bei 937 Hz zum 1000 Hz-Bereich abfällt. Im Vergleich zur Normalkurve liegt der maximale Amplitudenwert (391 Hz) zwar im Normbereich, die einzelnen Maxima sind jedoch an recht verschiedenen Stellen. Der etwas flachere Abfall zum 1000 Hz-Bereich, noch dazu unterbrochen durch ein weiteres Maximum (s.oben), findet sich in dieser Form weder in der Normalkurve noch in den bisher besprochenen Spektren. Hinter 1000 Hz erkennt man 3 weitere Maxima (bei 1211, 1484, 1758 Hz). Die männliche Normalkurve weist kleinere Erhebungen an ähnlicher Stelle auf (1200 und 1440 Hz).

Spektrum 11: Dieses zweite Dysarthriespektrum unterscheidet

sich in zwei wesentlichen Punkten vom vorigen:

- Anstatt eines zweigipfligen Plateaus sieht man in Kurve 11 - an gleicher Stelle gelegen - 2 deutliche Maxima.
- Die Kurve tritt noch eher in den 2 mm-Bereich ein, nämlich bei 1367 Hz, also ungefähr 600 Hz vor der Normalkurve.

Ein Abfall in Richtung auf den 1000 Hz-Bereich ist nicht erkennbar (nach dem vierten Maximum zieht die Kurve steil nach unten in die Gegend von 742 Hz; erst nach einem dazwischenliegenden fünften Maximum ist dann ein Minimum bei 900 Hz zu sehen). Das zweite Maximum (gleichzeitig höchster Amplitudenwert) liegt mit 352 Hz genau zwischen den beiden ersten Gipfeln (312 und 391 Hz) der Kurve 10. Bei den übrigen Maxima beider Kurven finden sich keine Übereinstimmungen. Dem ersten und dritten Maximum der Normalkurve (bei 230 und 615 Hz) entsprechen vielleicht das erste (234 Hz) und vierte (625 Hz) Maximum.

Spektrum 12: Es stellt wie erwähnt die Mittelung der beiden Kurven dar und ermöglicht somit eine Aussage über die Dysarthrie. Das Spektrum läßt mit Maxima bei 352, 547 und 664 Hz deutlich die anderen beiden erkennen. Bei 1601 Hz erreicht die Kurve den 2 mm-Bereich, erwartungsgemäß zwischen den entsprechenden Werten der Kurven 10 und 11. Erstaunlicherweise ist ein Abfall in den 1000 Hz-Bereich gut zu sehen. Hinter 1000 Hz lassen sich keine wesentlichen Übereinstimmungen der 3 Kurven mehr beschreiben.

Die Maximalamplitude von Spektrum 12 liegt mit 352 Hz im Normbereich. Ansonsten weisen nur je 2 Maxima bei Normalkurve und Dysarthriespektrum ähnliche Lage auf (615/664 Hz und 1200/1172 Hz).

Spektrum 13 (sh. S.70)

Diesem Spektrum liegen 5 Aufnahmen (nur männlicher Patienten) mit Rülps Sprache nach Laryngektomie zugrunde, wobei eine Aufnahme eines Sprechers ist, dessen Stimme elektrisch verstärkt wurde. Zwei Dinge an dieser Gruppe fallen ins Auge:

- Das erste Maximum erkennt man, wenn eine kleine "Zacke" während des Anstiegs unberücksichtigt bleibt, bei 469 Hz,

also im Verhältnis sowohl zum Normalspektrum als auch zu den bisher besprochenen Kurven sehr spät, was auch an der Lage der maximalen Amplitude - sie tritt erst bei 664 Hz auf - abzulesen ist.

- Die Kurve erreicht bei 3242 Hz endgültig den 2 mm-Bereich, also noch später als Spektrum 6 (s. oben), das schon durch seinen Anteil hoher Frequenzen aufgefallen war.

Im Unterschied zu diesem Spektrum finden wir jedoch zwischen 0 und 1000 Hz einen der Normalkurve recht ähnlichen Verlauf (zumal ein steiler Abfall in Richtung auf den 1000 Hz-Bereich erkennbar ist), wenngleich das Spektrum der Rülps Sprache wegen des späteren "Aufbaus" eines Maximums deutlich schmalbasiger erscheint. Zweites und drittes Maximum entsprechen in ihrer Lage (469 und 664 Hz) in etwa den gleichen Maxima der Normalkurve (480 u. 600 Hz). Jenseits der 1000 Hz sieht man noch einmal bei 1289 Hz ein über die umgebenden hinausragendes Maximum, während im übrigen, von kleinen Gipfeln bei 1914, 2344, 2851 und 3164 Hz abgesehen, nur geringe Amplitudenwerte zu messen sind. Vor 3242 Hz (s. oben) erreicht die Kurve in ihrem Verlauf noch zweimal die x-Achse (bei 2109 und 3047 Hz).

Spektrum 14 (sh. S.71)

Es wurden 6 Aufnahmen von männlichen und weiblichen Patienten mit der Diagnose "Taschenbandstimme" verwendet: Sofort ist eine Ähnlichkeit mit Spektrum 6 (Sigmatismus nasalis) erkennbar. Die Kurve erreicht erst bei 3281 (!) Hz endgültig den 2 mm-Bereich (Kurve 6 bei 3008, Kurve 13 bei 3242 Hz). Den Maxima folgen tiefliegende Minima, wenngleich diese "Zerfurchung" nicht so ausgeprägt wie bei dem Sigmatismusspektrum ist. Weiterhin gemeinsam haben beide Spektren, daß zwischen 0 und 1000 Hz jeweils 3 Maxima wegen ihrer großen Amplituden ins Auge fallen und zwischen 1000 und 2000 Hz je 2 Spitzen die anderen deutlich überragen. Allerdings passen nur je 2 der Maxima auch frequenzmäßig zusammen, nämlich das zweite und dritte von Kurve 14 (664, 977 Hz) mit den entsprechenden von Kurve 6 (664 und 937 Hz). Auch die Maximalamplitude des Spektrums der Taschenbandstimme (664 Hz) ähnelt nicht

dem entsprechenden Wert beim Sigmatismus nasalis (273 Hz) und liegt deutlich (wie auch die der Rülps Sprache) oberhalb der Norm. Überhaupt besteht eine große Parallelität in der Lage der Maxima zwischen Kurve 14 (352, 469, 664, 977, 1172 und 1289 Hz) und Kurve 13 (352, 469, 664, 977, 1133 und 1289 Hz)! Gleich Spektrum 12 (Dysarthrie) bildet auch Spektrum 14 erst relativ spät, nämlich bei 352 Hz, das erste Maximum, wobei aber immer noch ein deutlicher Unterschied zu Kurve 13 besteht (469 Hz; Erklärung s.o.). Ein Abfall in den 1000 Hz-Bereich ist nicht festzustellen. Bei 2656 Hz berührt die Kurve (abgesehen von dem endgültigen Erreichen des 2 mm-Bereiches) das einzige Mal die x-Achse (im Gegensatz zu Spektrum 6!). Die Unterschiede zur Normalkurve ergeben sich aus dem Vergleich mit Kurve 6: Deutlich verschiedene Maximalamplituden, kein 1000 Hz-Abfall, größere Amplitudenwerte hinter 1000 Hz (vor allem zwischen 1800 und 3300 Hz, in welchem Bereich die Amplituden der Normalkurve von geringen Werten bis auf Werte von praktisch 0 abfallen), wesentlich späterer Eintritt in den 2 mm-Bereich. Lediglich die jeweils zweiten und dritten Maxima zeigen ähnliche Lage (450 bzw. 615 Hz: Normalkurve; 469 bzw. 664 Hz: Kurve 14).

Spektrum 18 (sh. S.71)

Es handelt sich um 4 Aufnahmen von Recurrensparesen (männliche und weibliche Patienten, wobei bei allen eine hyperkinetische Dysphonie (wohl im Sinne einer Kompensation) zusätzlich besteht). Im Gegensatz zu den bisher besprochenen Spektren, bei denen hohe Amplitudenwerte nach kurzem, steilem Anstieg oder unter Zwischenschaltung eines kleinen Maximums gebildet wurden, steigt diese Kurve weniger steil und "langsam" zu den Maximalwerten empor, wobei die Amplituden der Maxima (bei 195, 391, 586 Hz) immer größer werden, bis der Höchstwert bei 781 Hz (!) erreicht wird. (Bei den Normalkurven liegen die absoluten Maxima bei 220 bzw. 480 Hz.) Nach einem weiteren Maximum bei 898 Hz erfolgt ein steiler Abfall zum 1000 Hz-Bereich hin, und hier (genau bei 1055 Hz) tritt die Kurve zum ersten Male in den 2 mm-Abstand ein. Nach einem weiteren Anstieg, der zu einem Gipfel bei 1367 Hz führt, finden

sich keine wesentlichen Amplitudenwerte mehr, wobei die Kurve vor dem endgültigen Erreichen des 2 mm-Bereiches bei 2265 Hz noch ein weiteres Mal sich der x-Achse nähert (1758 Hz). Im Vergleich zur Normalkurve "hinken" die drei ersten Maxima des Spektrums 18 den drei im Bereich bis 1000 Hz liegenden Maxima "hinterher" (195/230; 391/450; 586/615 Hz). Die zwei weiteren Maxima unterhalb der 1000 Hz-Grenze (781, 898 Hz) finden bei der Normalkurve keine Parallele. Auch die Maxima bei 1133 und 1367 Hz lassen sich nicht sicher entsprechenden Bereichen des Normalspektrums zuordnen. Das schon erwähnte endgültige Erreichen des 2 mm-Abstandes bei 2265 Hz liegt außerhalb des Normbereiches.

Spektrum 15 (sh. S.72)

Dem Spektrum liegen 12 Aufnahmen von Patienten (männliche und weibliche) mit spastischer Dysphonie zugrunde. Die Kurve bildet nur ein Maximum mit hohem Amplitudenwert, wenn man von einer kleinen, bei 352 Hz gelegenen "Zacke" während des Anstiegs absieht. Diesem Amplitudenhöchstwert, der bei 508 Hz und damit im Vergleich zur Normalkurve gerade an der oberen Normgrenze liegt, folgt ein steiler Abfall auf 781 Hz hin. Danach verläuft die Kurve, von kleinen Maxima und Minima unterbrochen, ganz sacht abwärts in Richtung auf 1562 Hz, wo sie in den 2 mm-Bereich eintritt, also ungefähr 400 Hz früher als die Normalkurve. Eines der hinter 1000 Hz gelegenen kleinen Maxima findet sich an ähnlicher Stelle (nämlich bei 1172 Hz) wie ein Maximum des Normalspektrums (1200 Hz, männliche Normalkurve). Der Hauptenergiebereich des Spektrums der spastischen Dysphonie umfaßt, wie der Kurve zu entnehmen ist, die Frequenzen von 120 bis ungefähr 900 Hz, wobei, wenn man die Unterschiede zur Normalkurve in diesem Bereich (Anzahl und Lage der Maxima!) außer acht läßt, die Abweichung im dahinterliegenden Frequenzabschnitt nur gering ist.

Spektrum 16 (sh. S.72)

Diese Kurve stellt ein Spektrum mit 11 Aufnahmen von männlichen und weiblichen Patienten mit der Diagnose "psychogene Aphonie" dar. Die Abbildung ähnelt in ihrem langgestreckten Verlauf (endgültiger Eintritt in den 2 mm-Bereich bei 2930 Hz!) den Kurven von Sigmatismus nasalis (6), Rülps-

sprache (13) und Taschenbandstimme (14), wenngleich besonders Spektrum 6 zwischen 1500 und 2000 Hz wesentlich größere Amplitudenwerte aufweist. Untersucht man die Lage der Maxima zueinander bei diesen 4 Kurven, findet man ein überraschendes Ergebnis: Während auch Kurve 6 und Kurve 13 einige deutlich zu entsprechenden Werten bei Kurve 16 passende Maxima aufweisen, stimmen Kurve 14 (Taschenbandstimme) und Kurve 16 (psychogene Aphonie) bis in den Bereich von 2500 Hz in der Lage ihrer Maxima überein! Während in Spektrum 14 die Kurve nur zweimal den 2 mm-Bereich erreicht, zählt man bei Kurve 16 (vom oben schon erwähnten endgültigen "Eintritt" bei 2930 Hz abgesehen) 3 Annäherungen an die x-Achse (bei 1055, 1367 und 1484 Hz). Die Maximalamplitude bei 352 Hz entspricht dem Normbereich. Lageähnlichkeiten der Maxima im Vergleich zur Normalkurve ergeben sich nur wenig (234 bzw. 230 Hz; 1406 bzw. 1440 Hz). Ein Abfall zum 1000 Hz-Bereich ist nicht deutlich. Insgesamt läßt sich Spektrum 16 folgendermaßen beschreiben: Der Anteil höherfrequenter Schwingungen ist gegenüber der Normalkurve vergrößert, während der Bereich zwischen 1500 und 2000 Hz sowohl im Verhältnis zur Normalkurve als auch besonders im Vergleich zum davor- bzw. dahinterliegenden Frequenzbereich nur geringe Amplitudenwerte aufweist.

Spektrum 1 (sh. S.74)

Diese Kurve zeigt das Spektrum von 4 Aufnahmen männlicher und weiblicher Patienten mit hyperkinetischer Dysphonie. Es fällt auf, daß die Kurve schon recht früh, nämlich bei 898 Hz, endgültig in den 2 mm-Bereich gelangt (wobei ein kleines, gerade die 2 mm-Grenze überschreitendes Maximum bei 3052 Hz nicht berücksichtigt ist). Der Amplitudenhöchstwert findet sich bei 195 Hz. Dieser Wert liegt an der unteren Normgrenze und außerdem deutlich früher als bei allen besprochenen "pathologischen" Spektren. Weitere Maxima sind - in regelmäßigem Abstand - bei 312, 469, 625 und 781 Hz zu erkennen, wobei Lageähnlichkeiten mit den in der Normalkurve auftauchenden Maxima bei 230, 450 und 615 Hz bestehen. Mit der Kurve der Recurrensparese (18) - es ist, wie oben erwähnt, neben der Kehlkopflähmung eine hyperkinetische Dyphonie zu hören - zeigen sich zwar

Übereinstimmungen bei je 3 Maxima (jeweils bei 195 und 781 Hz sowie bei 586 bzw. 625 Hz), ansonsten unterscheiden sich beide Spektren aber deutlich (mehr absteigender Verlauf von Kurve 1, mehr aufsteigender von Kurve 18; außerdem reicht die Energie bei Spektrum 18 (Recurrens-parese) bis 2265 Hz).

Spektrum 17 (sh. S.73)

Es handelt sich um 15 Aufnahmen hauptsächlich weiblicher Patienten mit der Diagnose "funktionelle Dysphonie". Wie schon oben unter 7. kurz dargestellt, steht der Komplex funktionelle Dysphonie als Oberbegriff, unter den z.B. auch spastische Dysphonie sowie psychogene Aphonie fallen, und paßt damit nicht recht in die Reihe der hier genannten Stimmstörungen. Vor allem ist aus diesem Grunde ein Vergleich mit den Kurven 1, 15 und 16 nötig ! Die Kurve erreicht ihren Amplitudenhöchstwert beinahe so früh (234 Hz) wie Spektrum 1. Nach einem steilen Abfall auf 352 Hz schließen sich noch 3 mittelgroße Maxima bei 508, 820 und 937 Hz an. Bei 1016 Hz erreicht die Kurve (etwas später als das Spektrum der hyperkinetischen Dysphonie, aber noch deutlich unterhalb des Normwertes von 1900 Hz) endgültig den 2 mm-Bereich. Abgesehen davon, daß die ersten Maxima, die gleichzeitig Höchstwerte sind, an fast gleicher Stelle liegen (234 bzw. 220 Hz), besteht keine Beziehung mit der Normalkurve. Im Vergleich zu Spektrum 1 gilt neben dem oben schon Erwähnten: Je drei Maxima haben ähnliche Lage zueinander (234 bzw. 195; 508 bzw. 469; 820 bzw. 781 Hz). Außerdem zeigen beide im groben eine entsprechende Form: Steiler spitzer Anstieg zu einem Maximum um 200 Hz, Abfall zu einem Minimum unter 400 Hz (wobei allerdings das Maximum bei 312 Hz in Kurve 1 diesen Abfall unterbricht und damit einen doch deutlichen Unterschied zu Spektrum 17 herstellt) und ein durch je drei mittelhohe Maxima (mit jedoch teilweise verschiedener Lage) gekennzeichneten Verlauf bis 900 bzw. 1000 Hz. - Vergleich mit Spektrum 16: Je drei Maxima liegen an entsprechender Stelle (234/234; 508/508; 937 bzw. 977 Hz); beide Kurven treten bei 1000 Hz in den 2 mm-Bereich ein (Spektrum 17 allerdings endgültig). Vom Ver-

lauf und vom äußeren Bild her bestehen keine Ähnlichkeiten. - Vergleich mit Spektrum 15: Beide Kurven erreichen bei 508 Hz ein Maximum; sonst keine Übereinstimmungen. - Vergleich zwischen Spektrum 15 und 16: Es zeigen sich gemeinsame Maxima bei 352 und 508 Hz sowie um 1300 Hz (1328 bzw. 1289 Hz). Weiterhin keine Ähnlichkeiten. - Vergleich zwischen Spektrum 15 und 1: Je zwei Maxima weisen ungefähr gleiche Lagepunkte auf (352 bzw. 312; 508 bzw. 469 Hz). - Vergleich zwischen Spektrum 16 und 1: Außer Lageähnlichkeiten der Maxima bei 234 bzw. 195; 352 bzw. 312; 508 bzw. 469; 664 bzw. 625 Hz bestehen keine Gemeinsamkeiten.

Spektrum 19 (sh. S.73)

Es berücksichtigt von den bisher behandelten Stimm- bzw. Sprachstörungen 47 Aufnahmen (sowohl männlicher als auch weiblicher Patienten), die alle nach (einer unterschiedlich langen und unterschiedlich intensiven) Behandlung aufgenommen wurden. Die Kurve erreicht den 2 mm-Bereich bei 1914 Hz, also im Normbereich. Die ersten beiden Maxima bei 234 und 430 Hz sowie das vierte bei 664 Hz (wobei das dritte Maximum - ein kleiner Gipfel im von der Maximalamplitude absteigenden Teil der Kurve - nicht berücksichtigt ist) entsprechen den drei Maxima der Normalkurve, die bei 230, 450 und 615 Hz liegen. Ein im Bereich zwischen 781 und 898 Hz liegendes zweigipfliges Plateau hat keine Parallele im Normalspektrum. Durch dieses Plateau ist ein Abstieg zum 1000 Hz-Bereich in dem Sinne, wie wir es bei den meisten bisher besprochenen Kurven beschrieben haben, nicht erkennbar, wenngleich der etwa "breite" und "langsame" Verlauf der Kurve in diesem Abschnitt nicht so stark davon abweicht wie z.B. in Spektrum 11. Hinter 1000 Hz sind einige kleine Maxima erkennbar, die jedoch keine eindeutige Zuordnung zu entsprechenden Maxima der Normalkurve zulassen, zumal hinter der 1400 Hz-Grenze im Normalspektrum der Kurvenverlauf immer leicht abfallend ist und nicht wie in Spektrum 19 weitere, wenn auch kleine Maxima erreicht.

11. Ergebnisse der Beurteilung von Stimm- und Sprachstörungen mit Hilfe des Untersuchungsbogens

Es wurden alle Kennzeichnungen der einzelnen Tonbandaufnahmen innerhalb einer Diagnosegruppe zusammengeschrieben, so daß auf je einem Beurteilungsbogen sämtliche Charakteristika für z.B. die Rhinolalia aperta oder die Mutationsstimmstörung aufgeführt waren. Außerdem habe ich, sowohl innerhalb der einzelnen Krankheitsbilder als auch für alle aufgeführten Stimm- und Sprachstörungen zusammen, zwischen Aufnahmen vor und nach Behandlung unterschieden. Damit sollte einerseits ein Behandlungserfolg bei der logopädischen Therapie aufgezeigt werden, andererseits war eine Trennung auch der exakten Auswertung wegen notwendig, denn eine nach Behandlung weitgehend physiologische Stimme könnte in ihrer Beschreibung nicht mit einer hochgradig pathologischen innerhalb einer Gruppe geführt werden (sh. aber auch Diskussion!). (Die Zahl der beurteilten Stimmen ist gegenüber der Anzahl der Spektren um eine auf 171 reduziert, da Aufnahme 126 (elektrische Verstärkung der Rülpsprache nach Laryngektomie) wegen der durch die Elektronik bedingten "unnatürlichen" Stimme nicht beurteilbar war.)

Die im folgenden benutzten Zahlen entsprechen den Nummern der Spektren im Kapitel 10.

2: Unter den 15 Aufnahmen mit Rhinolalia aperta ist eine nach Behandlung. Beim Stimmeinsatz fällt der hohe Anteil unter "gepreßt" auf (6x), während 5 x normal und 3 x verhaucht angekreuzt sind. Je 4 x wird der Stimmklang als gepreßt und belegt, je 3 x als kratzend, verhaucht bzw. Übergang "verhaucht-normal" beschrieben. Die Lautstärke liegt überwiegend im Normbereich (12x), ebenso wie die Sprechgeschwindigkeit (9x), die jedoch auch 3 x als zu langsam und 2 x als zu schnell angesehen wird. Die Sprechtonhöhe erscheint 9 x angemessen, 4 x zu tief, während die Logopädinnen bei der Dynamik 9 Aufnahmen im Normbereich (gleichmäßig bewegt bis lebhaft) erkennen. - Die Stimme nach Behandlung klingt immer noch gepreßt, kratzend und belegt, der Stimmeinsatz ist gepreßt, die Geschwindigkeit zu schnell, wohingegen die anderen Charakteristika keine Auffälligkeiten zeigen.

3: Unter den 20 Aufnahmen mit allen bei der Untersuchung vorkommenden Rhinophonien finden sich außer der Rhinolalia aperta (14 und 1 nach Behandlung) 2 mit der Diagnose Rhinolalia mixta und 3 mit der allgemeinen Bezeichnung Rhinolalie. Der Stimmeinsatz erscheint 7 x normal, je 6 x wird er als verhaucht bzw. gepreßt erkannt. Die Angaben über den Stimmklang haben sich bei "gepreßt, kratzend, belegt" und Übergang "verhaucht-normal" gegenüber der Rhinolalia aperta nicht verändert, während aber jetzt 6 x ein verhauchter und 5 x ein kloßiger (Übergang zum Normalen!) Stimmklang beschrieben wird. In 3 Fällen war der Stimmklang unauffällig, was zum überwiegenden Teil auch für die Lautstärke (15 x), die Tonhöhe (14 x) und die Dynamik (14 x) gilt. 5 x wurde nach Meinung der Logopädinnen zu schnell, 3 x zu langsam und nur 11 x in normaler Geschwindigkeit gesprochen.

5: Unter den 4 Aufnahmen von Sigmatismus lateralis finden sich 2 nach Behandlung. Bei allen vieren sind weder bei Stimmeinsatz, Klang, Lautstärke, Geschwindigkeit, Tonhöhe noch Dynamik Auffälligkeiten zu hören.

6: Die Patienten mit Sigmatismus nasalis (zwei) sprechen in angemessener Tonhöhe, der Stimmeinsatz ist bei beiden gepreßt, wie auch der Stimmklang 2 x den Übergang "gepreßt-normal" erkennen läßt. Je 1 x wird er als kratzend bzw. ein wenig belegt und verhaucht beschrieben. Bei Lautstärke, Geschwindigkeit und Dynamik sind je 1 x keine Abweichungen auffällig, je 1 x kann man eine zu laute, zu schnelle und zu dynamisch klingende Stimme hören.

7: 2 Aufnahmen mit Sigmatismus velaris entstanden vor, 2 nach Behandlung. Die Stimme bzw. die Sprache der noch nicht therapierten 2 Patienten wird im Stimmeinsatz als verhaucht, im Stimmklang je 1 x als diplophon, dünn, verhaucht bzw. Übergang "verhaucht-normal" bezeichnet. Die Lautstärke kann 1 x normal, 1 x zu leise, die Sprechgeschwindigkeit 2 x unauffällig genannt werden. Für die Tonhöhe gilt: 1 x zu tief, 1 x angemessen; für die Dynamik: 1 x eintönig, 1 x gleichmäßig bewegt bis lebhaft. - Die beiden Aufnahmen nach Behandlung weisen eine zu tiefe

Stimme auf, ansonsten finden sich keine Auffälligkeiten.

4: Es handelt sich um 10 Aufnahmen aller bei der Untersuchung vorkommenden Sigmatismen, worunter 4 nach Behandlung sind: 2 x wurde der Stimmeinsatz als verhaucht, 2 x als normal und 2 x als gepreßt bezeichnet. Beim Stimmklang war keine deutliche Zuordnung eines der Adjektive möglich. Je 2 x fanden sich ein unauffälliger, ein wenig verhauchter sowie ein wenig gepreßter Klang, während Eigenschaften wie dünn, verhaucht, kratzend, diplophon und Übergang "belegt-normal" je 1 x auf den Sigmatismus zutrafen. Die Lautstärke war 4 x im Normbereich, die Sprechgeschwindigkeit 5 x unauffällig. Ebenso häufig fanden die Logopädinnen die Sprechtonhöhe angemessen. Die Dynamik lag bei 4 Aufnahmen im Normbereich. - Bis auf eine 2 x zu tiefe Sprechtonhöhe erbrachten die 4 behandelten Störungen keine Auffälligkeiten mehr.

8: Die 2 Aufnahmen mit Rhinolalia aperta und Sigmatismus zeigen eine zu tiefe Tonhöhe, die Dynamik ist eintönig, der Stimmklang muß je 2 x als belegt bzw. ein wenig kloßig bezeichnet werden. Die übrigen Charakteristika liegen im Normbereich.

9: 9 der Mutationsstimmstörungen wurden vor, 14 nach der Behandlung aufgezeichnet. Unter den noch nicht therapierten fand sich nur 5 x ein normaler, 4 x hingegen ein gepreßter Stimmeinsatz. Die Lautstärke war bei allen, die Dynamik sowie die Sprechgeschwindigkeit bei je 8 Aufnahmen unauffällig im Unterschied zur Sprechtonhöhe, die 8 x als zu hoch und nur 1 x als angemessen beschrieben wurde. Bei der Beurteilung des Stimmklangs ergaben sich im wesentlichen folgende Zuordnungen: 7 x diplophon, 4 x ein wenig gepreßt, 3 x kratzend, 3 x ein wenig dünn. - Die Behandlung erreichte unter den 14 Störungen 13 x einen normalen Stimmeinsatz; alle waren in Lautstärke, Geschwindigkeit und Dynamik fehlerfrei. Zwar erkannten die Logopädinnen 8 x eine angemessene Sprechtonhöhe; sie war jedoch noch bei 6 Aufnahmen zu hoch. Der Stimmklang war in 3 Fällen normal, je 5 x war ein Übergang "diplophon-normal" bzw. "kratzend-normal" zu verzeichnen.

12: Unter den Dysarthrien finden sich 54 Aufnahmen vor, 8 nach Behandlung. Bei den 54 Fällen ergab die Untersuchung 11 x einen verhauchten, 18 x einen normalen und 25 x einen gepreßten Stimmeinsatz. Die Lautstärke war zum überwiegenden Teil nicht auffällig (36x), wurde jedoch immerhin noch 15 x als zu leise empfunden. Ähnliches gilt für die Sprechtonhöhe (38x angemessen, 6x zu hoch, 10x zu tief). Demgegenüber lag bei Sprechgeschwindigkeit und Dynamik die Überzahl auf der pathologischen Seite (35x zu langsam, 6x zu schnell, 13x unauffällig; 33x eintönig, 7x zu dynamisch (darunter 2x falsche Betonung), nur 14 x gleichmäßig bewegt bis lebhaft). Der Stimmklang war, um nur das wesentliche aufzuführen, 14 x kloßig, 9 x kratzend, 12 x Übergang "kratzend-normal", 8 x ein wenig belegt, 5 x verhaucht, 7 x im Übergang zum Normalen, 4 x dünn, ebenfalls 4 x im Übergang zum Normalen, 13 x zitternd, 6 x ein wenig zitternd, 8 x total, 3 x ein wenig diplophon, 3 x leicht blechern, 25 x gepreßt, 8 x Übergang "gepreßt-normal" und 5 x ohne Auffälligkeiten. - Unter den 8 behandelten Stimm- und Sprachstörungen mit Dysarthrie klang die Stimme im Einsatz immer noch in 7 Fällen gepreßt. Während die Lautstärke 8 x als normal angesehen werden konnte, waren die Geschwindigkeit und die Dynamik nur 1 x, die Tonhöhe gerade 2 x im Normbereich, jedoch wurde 7 x zu langsam, ebenfalls 7 x eintönig und 4 x zu tief gesprochen. Der Stimmklang muß 5 x als leicht kloßig, 8 x als leicht gepreßt, 3 x als verhaucht bezeichnet werden. Keine Aufnahme ergab also einen zufriedenstellenden Stimmklang. - Wegen des Übermaßes an Auffälligkeiten wurden, wie schon oben erwähnt, weitere Kennzeichnungen herangezogen. Am häufigsten darunter waren: 11 x Näseln vor, 6 x nach Behandlung, 4 x verkürzte Tonhaltedauer, 9 x gestörte Atmung (dabei 2x "schnappende" und 3 x "hechelnde" Atmung), 23 x war die Sprache verwaschen, davon 2 x nach Therapie, 7 x hörte man eine knarrende Stimme.

13: Es wurden 4 Aufnahmen mit Rülps Sprache, davon 1 nach Therapie, verwendet. Für alle 4, also auch für die behandelte Störung, wurde der gleiche Befund erhoben: Stimmeinsatz und -klang: gepreßt; Lautstärke, Geschwindigkeit,

Sprechtonhöhe und Dynamik jeweils im Normbereich.

14: 3 Taschenbandstimmen wurden vor, 3 nach Behandlung aufgezeichnet. Bei den nicht therapierten Stimmstörungen zeigten sich je 3 x gepreßter Stimmeinsatz bzw. -klang. Der Klang wurde weiterhin 3 x als kratzend, 2 x als leicht belegt und 1 x als diplophon bezeichnet. Sprechgeschwindigkeit und Dynamik waren jeweils unauffällig, die Lautstärke allerdings nur 2 x normal zu nennen. Die Sprechtonhöhe war in allen 3 Fällen zu tief. - Unter den 3 therapierten Störungen zeigten sich ebenfalls Geschwindigkeit und Dynamik als nicht auffällig; die Stimme war jedoch 2 x zu laut, die Tonhöhe wurde 3 x als zu hoch empfunden. Der Stimmeinsatz konnte 2 x als normal bezeichnet werden. Der Stimmklang war 3 x leicht gepreßt und je 2 x leicht belegt bzw. leicht blechern.

15: Unter der Diagnose "spastische Dysphonie" wurden 11 Aufnahmen vor, 1 nach Behandlung untersucht. Je 11 x fanden sich bei den nicht therapierten Störungen gepreßter Stimmeinsatz bzw. -klang. Desweiteren wurde der Klang 9 x als tonlos, 3 x als kratzend und je 4 x als zitternd, leicht zitternd und leicht kloßig bezeichnet. Die Sprechtonhöhe lag bei allen, die Lautstärke 9 x im Normbereich. Die Dynamik mußte 5 x eintönig, 6 x gleichmäßig bewegt bis lebhaft, die Geschwindigkeit 4 x zu langsam, 4 x unauffällig und 3 x zu schnell genannt werden. - Der Stimmklang der einen behandelten spastischen Dysphonie war gepreßt (ebenfalls der Stimmeinsatz!) und leicht zitternd; alle anderen Untersuchungen erbrachten unauffällige Werte.

16: Bei der psychogenen Aphonie zeigen 8 Aufnahmen unbehandelte, 3 behandelte Fälle. Wie auch bei den eben besprochenen Stimm- und Sprachstörungen (Mutationsstimmstörungen, Dysarthrien, Rülps Sprache, Taschenbandstimme, spastische Dysphonie) fällt der große Anteil von gepreßtem Stimmeinsatz bzw. -klang (je 8x bei den nicht behandelten, je 3x bei den therapierten Störungen) auf. Je 3 x muß die nicht logopädisch geübte Stimme als dünn, tonlos und leicht diplophon, je 2 x als leicht kratzend bzw. leicht belegt bezeichnet werden. Geschwindigkeit und Dynamik waren je 8 x

unauffällig, die Lautstärke war 5 x zu leise, nur 3 x normal. Die Sprechtonhöhe wurde 5 x als angemessen, 3 x als zu hoch angesehen. - Neben den schon erwähnten Auffälligkeiten zeigen die 3 therapierten Aufnahmen je 3 x einen tonlosen und zitternden Stimmklang. Die übrigen Parameter ergeben keine Auffälligkeiten.

1: 3 Aufnahmen mit hyperkinetischer Dysphonie wurden vor, 1 nach Behandlung aufgenommen. Alle 4 lassen wiederum (s.o.) gepreßten Stimmeinsatz bzw.-klang erkennen. Bei den 3 nicht therapierten Störungen ist der Stimmklang desweiteren 3 x als kratzend, 2 x als leicht zitternd, 1 x als belegt zu bezeichnen. Bis auf die Dynamik (2x gleichmäßig bewegt bis lebhaft, 1x zu dynamisch) hört man unter den anderen Charakteristika nichts Auffälliges. - Die eine therapierte Störung läßt neben dem schon Gesagten beim Klang je 1 x Zittern, leichtes Kratzen und leichtes Belegtsein erkennen. Die Stimme ist zu dynamisch. Lautstärke, Sprechgeschwindigkeit und Tonhöhe sind im Normbereich.

17: Die funktionelle Dysphonie ist auf 6 Aufnahmen nicht, auf 9 schon behandelt. Der Stimmeinsatz ist bei der ersten Gruppe 5 x gepreßt (s.o!), 1 x normal. Der Stimmklang kann je 5 x kratzend und gepreßt (s.o!), 2 x belegt genannt werden. Je 1 x sind leichte Diplophonie bzw. ein normaler Klang zu hören. Die Dynamik ist in allen 6 Fällen, Lautstärke und Geschwindigkeit je 5 x, die Tonhöhe 4 x unauffällig. - Innerhalb der zweiten Gruppe haben die Logopädinnen den Stimmeinsatz 4 x verhaucht, 3 x normal, 2 x gepreßt genannt. Je 3 x trifft auf den Stimmklang die Bezeichnung leicht gepreßt bzw. leicht diplophon, je 2 x verhaucht, dünn, zitternd, leicht belegt, leicht verhaucht, ein wenig dünn und unauffällig zu. Die Lautstärke ist 7 x normal, 2 x zu leise; Sprechgeschwindigkeit, Tonhöhe und Dynamik sind in allen 9 Fällen angemessen.

18: 2 Aufnahmen geben den Zustand vor, 2 den nach Behandlung der Recurrensparese wieder. Bei den unbehandelten Fällen ist der Stimmeinsatz gepreßt, ebenso der Stimmklang (s.o!), der zusätzlich noch als leicht belegt und leicht verhaucht gekennzeichnet werden muß. Lautstärke, Geschwin-

digkeit, Tonhöhe und Dynamik hingegen - das gilt auch für die 2 behandelten Störungen - liegen im Normbereich. Auch der Stimmeinsatz ist bei diesen therapierten Störungen als normal zu bezeichnen, der Stimmklang als leicht kratzend und ebenfalls noch leicht verhaucht.

Zum Abschluß sollen noch von den 171 mittels Untersuchungs-
bogen erfaßten Spektren die Stimm- bzw. Sprachstörungen
vor Behandlung mit denen nach Behandlung (19) verglichen
werden. Bei den 124 Aufnahmen vor Therapie war 72 x ein
gepreßter, 19 x ein verhauchter und nur 33 x ein normaler
Stimmeinsatz zu hören. 65 x mußte der Stimmklang gepreßt
genannt werden (darüber hinaus noch 15x leicht gepreßt),
30 x kratzend, 14 x ein wenig kratzend, 18 x zitternd,
12 x ein wenig zitternd, 17 x diplophon, 12 x verhaucht,
14 x Übergang "verhaucht-normal", außerdem noch 14 x klo-
ßig, ebenfalls 14 x tonlos, 18 x leicht belegt, um nur das
wesentliche zu nennen, während die Logopädinnen nur 11 x
einen unauffälligen Stimmklang finden konnten. Überwiegend
im Normbereich lagen Lautstärke (91x), Sprechgeschwindig-
keit (65x), Sprechtonhöhe (86x) und Dynamik (70x). Trotz-
dem wurde noch 21 x zu leise, 42 x (!) zu langsam, 20 x
zu hoch und 43 x (!) zu eintönig gesprochen. - Unter den
47 Aufzeichnungen, die nach Behandlung entstanden, war
zwar der Stimmeinsatz in mehr als der Hälfte der Fälle nor-
mal (25x), doch blieb die Anzahl der Aufnahmen, auf denen
ein gepreßter Einsatz zu erkennen war, mit 18 überraschend
hoch. Lautstärke, Sprechgeschwindigkeit und Dynamik weisen
zum überwiegenden Teil, nämlich 43 und jeweils 39 x, unauf-
fällige Befunde auf. Lediglich bei der Sprechtonhöhe fal-
len die "pathologischen Beurteilungen" (6x zu tief, 11x zu
hoch) gegenüber den 30 Ausschnitten, auf denen angemessen
gesprochen wird, ins Gewicht. Die Stimme klingt 9 x normal,
aber noch z.B. 8 x gepreßt und 16 x leicht gepreßt, 10 x
zitternd, 10 x ein wenig kratzend, 5 x verhaucht, 6 x
leicht verhaucht. Außerdem sind 6 x geschlossenes Näseln
und 2 x verwaschene Sprache zu hören.

12. Diskussion

12.1 Gleichspannungszacke

Die Amplitude von Punkt 0 ist eine Gleichspannungszacke und wurde bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

12.2 Problem der Auflösung

Die in meiner Arbeit vorgegebenen 128 Datenpunkte bzw. der Frequenzbereich von 0 bis 5000 Hz ermöglichen, wie schon erwähnt, eine Auflösung von 40 Hz pro Punkt. Möglich war eine Auflösung von 5 Hz pro Punkt (ohne Reduktion der Datenpunkte um den Faktor 8; s.o.), die allerdings eine wesentlich größere Rechenzeit zur Erstellung des Leistungsdichte-Spektrums benötigt. M.E. ist eine Auflösung im Bereich von 40 Hz ausreichend. Bei 5 Hz pro Punkt erscheint mir die entstehende Kurve zu "genau". Auffindung und Beschreibung bestimmter Charakteristika dürften dadurch erschwert sein (Das gilt jedenfalls für die Auswertung durch das menschliche Auge. Eine Integration unter der Kurve mit Angabe der Gesamtfläche oder die zu berechnende Abweichung von einem theoretisch bekannten Formantbereich z.B. dürften jedoch dem Computer nicht wesentlich größere Arbeit verursachen. Auch ließe sich ein genaueres Ergebnis gewinnen.). Der Vergleich der Ergebnisse einer computergesteuerten Stimmanalyse bei großer und geringerer Auflösung kann hierbei zur Klärung beitragen.

12.3 Kritik am Stimmaterial im Tonbandarchiv

Das im Tonbandarchiv der Mainzer Kommunikationsklinik vorhandene Stimmaterial war für die Überspielung bestimmter Ausschnitte nicht immer geeignet:

- Es wurden verschiedene Lesetexte, verschiedene Sätze, die nachzusprechen waren, und verschiedene Zahlenreihen (z.B. von 1 bis 10 oder von 20 bis 30) verwendet.
- Die Lautstärke war nicht immer gleich (einige Aufnahmen waren deutlich zu leise, einige sogar übersteuert!). Andererseits ist es natürlich nicht einfach, Kinder im Alter von z.B. 3 Jahren dahin zu bringen, gleichmäßig laut zu sprechen und sich in der doch ungewohnten, beengenden Tonkabine diszipliniert zu verhalten.
- Nicht selten wurde ein Patient während der Aufnahme vom

Untersucher unterbrochen (z.B. wurde innerhalb eines Satzes korrigiert oder im Text weitergeholfen, oder es geschah sogar folgendes: Auf die Bitte hin, von z.B. 10 bis 20 zu zählen, wurde der Patient schon bei 17 gestoppt mit der Bemerkung: Das reicht!). Ein anderer, eine exakte Überspielung in den Computer verhindernder Fehler von Seiten des Untersuchers war es, so kurz nach Beendigung eines vom Patienten gesprochenen Textes zu reden (z.B.: Vielen Dank oder: Wiederholen Sie bitte noch einmal), daß die Stimme des Untersuchers ebenfalls überspielt werden mußte, wenn man alles vom Patienten Erwähnte aufnehmen wollte.

Da bei den Aufnahmen im Studio die einzelnen Stimm- bzw. Sprachstörungen lediglich für das Gehör festgehalten werden sollten und von einer weiteren Auswertung nichts bekannt war, wurden diese Dinge von den Untersuchern nicht als Erschwernisse in Erwägung gezogen. Bei zukünftigen Arbeiten sollten derartige Dinge jedoch vermieden werden (s.unten!).

12.4 Gruppen teilweise unterbesetzt; keine statistische Auswertung

Wie bei der Vorstellung der Untersuchungsergebnisse ersichtlich, ist das Datenmaterial insgesamt nicht sehr groß, die Gruppen sind teilweise unterbesetzt. Das war auch der Grund, bei der Bildung der Mittelwertspektren nicht noch einmal in "vor Therapie - nach Therapie" zu unterteilen, obwohl eine solche Trennung (wie noch weiter unten zu behandeln ist) vorgenommen werden muß! Ebenfalls mit Rücksicht auf die unterbesetzten Gruppen wurde auf eine statistische Bearbeitung verzichtet, was natürlich die Aussagefähigkeit der Ergebnisse stark einschränkt.

12.5 Hinweis auf den ursprünglich geplanten Untersuchungsgang (Cluster-Analyse!)

Die Spektren sollten ursprünglich in anderer Weise als jetzt geschehen ausgewertet werden: Ohne anfangs auf die durch das Gehör gestellte Diagnose zu achten, sollten alle Spektren mittels einer geeigneten Methode (Cluster-Analyse!) in Gruppen eingeteilt werden. (Die Schwierigkeit dabei liegt in der vorzuziehenden Anzahl der Gruppen. Bei z.B.

200 Spektren ist sowohl eine Einteilung in 1 Gruppe als auch in 200 Gruppen möglich.) An dieser Frage (hinzu kam, daß die Statistiker das Datenmaterial als zu gering ansahen) scheiterte letztlich die Durchführung, wobei sämtliche anderen Voraussetzungen (ein entsprechendes Programm konnte gefunden werden; die Daten waren alle auf Lochkarten gegeben; ein Rechenplatz wurde besorgt) schon erfüllt waren.

Die weitere Auswertung bei erfolgter Cluster-Analyse war folgendermaßen gedacht: Den mittels Gehör erstellten Diagnosen mit anschließender Gruppenbildung sollten die Ergebnisse, die sich aus der Untersuchung durch den Beurteilungsbogen ergeben hatten, gegenüber gestellt werden: Es sollte geprüft bzw. noch einmal untermauert werden, daß die durch Gehör als gleich erkannten und deshalb in eine Gruppe zusammengelegten Stimm- und Sprachstörungen auch durch gleiche oder ähnliche Adjektive charakterisiert werden konnten. Entscheidend sollte dann der Vergleich zwischen den Ergebnissen auf dem Beurteilungsbogen (die Gruppen wurden durch den menschlichen Höreindruck festgelegt) und denen der Cluster-Analyse (diese Gruppen wären "objektiv" anhand bestimmter mathematischer Kennzeichen im Spektralverlauf durch den Computer festgelegt) sein. Es wäre interessant gewesen nachzuprüfen, ob z.B. die einzelnen Gruppen aus der Cluster-Analyse aus ähnlichen Spektren zusammengestellt wären wie die "subjektiv" beurteilten. Hätten die durch die Cluster-Analyse gebildeten Gruppen, auch wenn die einzelnen Spektren von der Diagnose her nicht zusammenpaßten, wenigstens insoweit "zusammengehört", als für die Beschreibung der Stimm- bzw. Sprachstörung innerhalb einer Gruppe ähnliche oder sogar gleiche Adjektive benötigt worden wären? Anhand des Ergebnisses hätte sich genau aufzeigen lassen, inwieweit die "Gruppenbildung durch das Gehör" von der "Gruppenbildung mittels Computer" voneinander abgewichen wäre, inwieweit und ob überhaupt die "subjektive" der "objektiven" Auswertung unterlegen ist. - Die jetzt statt dessen durchgeführte Untersuchung bedient sich der subjektiven Methode, um die objektive in ihrem Wert herauszustellen. Es wurde gleichsam "das

Pferd von hinten aufgezümt". Mithin ist auch die Beurteilung der Stimm- und Sprachstörungen mittels Beurteilungsbogen für die vorliegende Arbeit in dieser Form genau genommen überflüssig!

12.6 Untersuchungen der Berliner Autoren (13,12)

Die Berliner Arbeit ("Untersuchungen verschiedener Gruppen von Stimmstörungen durch statistische Spektralanalyse", 13) weist in Anlage und Ausführung wesentliche Unterschiede im Vergleich zu meiner Arbeit auf:

- Es wurde zur genauen Diagnosestellung ein otorhinolaryngologischer sowie stroboskopischer Befund von jedem Patienten erhoben.
- Die Berliner zogen zur Spektralanalyse zwar auch eine Sprachprobe mit normiertem Text hinzu, statistisch ausgewertet wurde jedoch nur die anhand des über 5 sec. isoliert gesprochenen Vokals a erstellte Analyse.
- Unter den untersuchten Patienten befanden sich männliche und weibliche. Zur Auswertung benutzte die Arbeitsgruppe aber lediglich die Stimmen männlicher Patienten, da diese eine "besonders deutliche Formantstruktur des Vokals a" zeigen.

Wie die Ergebnisse der Berliner zeigen, ist die Analyse des Vokals a (z.B. im Gegensatz zu einem Langzeitspektrum mit normiertem Text) von Vorteil: Die Lage der Formanten läßt sich berechnen, d.h. sie ist vorher bekannt. Bei der Auswertung kann man sich ganz gezielt an diese Bereiche halten, eine Beschreibung des gesamten Kurvenverlaufes ist nicht nötig. Da die Formanten außerdem den Resonanzfrequenzen bestimmter anatomischer Räume (z.B. der Mundhöhle) entsprechen, erhält man gleichzeitig Aufschluß, wie stark die einzelnen Resonanzräume an der Abweichung der Stimme von der Norm beteiligt sind. - Ebenfalls deutlich machen konnten die Berliner (und somit frühere Vermutungen bestätigen), daß "pathologische Veränderungen der Maximalamplituden der einzelnen Formanten deutlichere Unterschiede ergeben als z.B. Änderungen der spektralen Energieverteilung oder Frequenzverschiebungen". Es war daher nur folgerichtig, die Ergebnisse ihrer Arbeit auf die Größen bzw. Größenänderungen der einzelnen Formantamplituden und

ihre statistische Bearbeitung zu stützen.

- Die Auflösung beträgt 20 Hz, in meiner Arbeit 40 Hz pro Punkt.
- Die Höhen wurden mit 6 dB pro Oktave angehoben, was sicherlich richtiger ist als die bei uns durchgeführte Tiefenabsenkung, wenn man etwas über die höheren Frequenzen (besonders über den Bereich um 3000 Hz, der nach WINCKEL (38) für die Tragfähigkeit der Stimme verantwortlich sein soll; sh. unten!) aussagen möchte.
- Die Berliner geben ihre Kurven nicht in einem linearen, sondern in einem logarithmischen Maßstab wieder, wobei wir uns die Skaleneinteilung der y-Achse mit ihren unregelmäßigen Abständen allerdings nicht erklären können.
- Die Berliner Arbeitsgruppe erstellte Spektralanalysen auch von Patienten mit Sprachstörungen (z.B. Stottern, Lispeln), berücksichtigte diese Ergebnisse bei der Auswertung aber nicht, um "die Untersuchung auf den glottischen Bereich zu beschränken" (13). In meiner Arbeit wurden eine ganze Reihe von Sprachstörungen verwendet. Sicherlich wird auch z.B. ein Stotterer und erst recht ein Lisppler einen vom Normalspektrum abweichenden Kurvenverlauf zeigen, doch sollte man sich mit Recht bei derartigen Erstuntersuchungen auf die Stimme und ihre Störungen beschränken. Denn ob es möglich ist, die Stimme allein aufgrund physikalischer Parameter zu charakterisieren, erscheint mir schon fraglich. Wieviel unvollkommener muß da erst die Beurteilung der Sprache allein mit physikalischen Begriffen sein?
- Wichtig ist m.M. nach eine Einteilung in Diagnosegruppen, wie es die Berliner Autoren angeben: Dabei wird davon ausgegangen, daß "ähnliche morphologische und funktionelle Störungen ähnliche Auswirkungen im Frequenzspektrum hervorrufen. So ist z.B. eine umschriebene Verdickung durch Gewebsneubildung das gemeinsame Merkmal bei pathologischen Stimmbandveränderungen wie Polyp, kleines Papillom, Schreiknötchen und Narbe "(13). Es ist somit falsch, z.B. alle Dysarthrien in eine Gruppe zusammenzulegen (wie in meiner Arbeit). Für das Spektrum ist entscheidend, in welchem Maße die an der Stimmbildung

beteiligten Strukturen betroffen sind, der Begriff "Dysarthrie" allein besagt also im Hinblick auf die Auswertung überhaupt nichts. Richtiger erscheint die Ergänzung z.B. cerebellare oder extrapyramidale Dysarthrie. Die Richtigkeit dieser Überlegung zeigt sich auch an dem sehr unterschiedlichen Kurvenverlauf der einzelnen Dysarthriespektren.

Ein Vergleich der Einzelergebnisse ist aus den aufgezählten Gründen nicht möglich. Lediglich die Feststellung, die Gruppen Stimmbandlähmung und hyperkinetische Dysphonie seien durch ähnliche Spektren gekennzeichnet, läßt nach dem Grad der Übereinstimmung dieser beiden Störungen in der von mir durchgeführten Spektralanalyse fragen. Hier findet sich jedoch, wie bei der Besprechung der einzelnen Mittelwertspektren erwähnt, keine Ähnlichkeit im Kurvenverlauf.

- In einer Arbeit der Berliner Gruppe aus dem Jahre 1972 ("Einsatz der Frequenzanalyse zur objektiven Untersuchung von Stimmstörungen", 12) werden zwar Analysen mit belanglosem Text (Langzeitspektrum) für die Erkrankungen Stimmbandpolyp, akute Laryngitis sowie Verdacht auf Recurrensparese vorgestellt, ein Vergleich ist aber auch hier schon allein wegen der Höhenanhebung nicht möglich.

12.7 Hinweis auf die Erlangener Arbeit (25)

Im Jahre 1977 veröffentlichten MOSER und KITTEL unter der Überschrift "Rechnergestützte Tonhöhenbestimmung" (25) erste Ergebnisse, die ebenfalls eine Charakterisierung von Stimmstörungen anhand physikalischer Parameter ermöglichen sollen. Die Autoren verwendeten als Größen die Tonhöhe und die Schalldruckamplitude. In der Diskussion schreiben sie u.a.: "Wenngleich die beiden Parameter Grundfrequenz und Schalldruckamplitude noch keine neue Einteilung der vielfältigen Stimmstörungen erlauben, sind sie doch ein erster Anfang hierzu. Wir sind nun dabei, weitere Parameter bezüglich einer genauen Phonationsprüfung, z.B. Bestimmung der Glottiswellenform, Effizienz der Stimmlippen, Einstellverhalten bei bewusster Tonhöhenveränderung und andere mit einzubeziehen, um dann den Grenzbereich zwischen den ver-

schiedenen pathologischen Gruppen und der Normalstimme genauer bestimmen zu können. Erstrebenswert erscheint eine solche Standardisierung objektiver Tests nicht zuletzt im Hinblick auf Eignungsuntersuchungen für Stimm- und Sprechberufe..... Die Frequenzauflösung ist größer als die des menschlichen Ohres und erlaubt so die Objektivierung auch von Sachverhalten, die einer subjektiven Bewertung, auch über die Erstellung eines Sonagrammes, zum Teil entzogen sind" (25). - Ein Vergleich zu meiner Arbeit ist auch hier nicht möglich, da die Autoren neben unterschiedlichen Bezugsgrößen (Tonhöhe, Schalldruckamplitude) außerdem eine andere Methode der Verrechnung (modifiziertes Autokorrelationsverfahren) und den über einige Sekunden gesprochenen Vokal e als Analogsignal heranzogen.

12.8 Erwähnung zweier Arbeiten von WINCKEL (38,39)
WINCKEL hat 1953 darauf hingewiesen (38), daß bei ausgebildeten Stimmen der Formantbereich um 3000 Hz eine höhere Intensität aufweise als bei stimmlich nicht geübten Personen. In einer anderen Arbeit (39) zeigt der Autor die (gemittelten) Spektren einer Gruppe von gesunden Stimmen und einer Gruppe mit hypokinetischer Dysphonie: In der Patientengruppe fehle die höhere Intensität im Bereich von 3000 Hz, zusammen mit einem zweiten Formantmaximum um 1200 Hz, wie es bei den Spektren der Stimmgesunden zu erkennen sei. FISCHER (sh.Abb. 4, S. 28) konnte in seinen Normalspektren eine besondere Betonung des 3000 Hz-Bereiches nicht finden. Eher schon zeigt sich bei der Kurve der Männer im Gebiet um 1200 Hz ein Intensitätsmaximum, wozu jedoch infolge fehlender Vergleichsmöglichkeiten keine Aussage zu geben ist. - In meiner Arbeit kommen Spektren von Patienten mit hypokinetischer Dysphonie nicht vor. Auch da kann also kein Vergleich angestellt werden.

12.9 Erwähnung der Arbeit von WIESER u. SCHLORHAUFER (37)
WIESER und SCHLORHAUFER stellen in ihrer Arbeit 8 Patienten mit spastischer Dysphonie vor, deren Stimmen mit Sonographie und Langzeitfrequenzanalyse (Prosatext über 30 sec.) untersucht wurden. Anders als bei FISCHER und mir wird die Fre-

quenzanalyse auf Frequenzgruppenbasis (BURCHARD) durchgeführt. Es bestehen keine Ansatzpunkte zu einem Vergleich mit den in meiner Arbeit erstellten Spektren der spastischen Dysphonie. Die Grundfrequenz ist nach Angabe der Autoren sowohl zwischen den einzelnen Patienten als auch innerhalb ein und derselben Aufnahme uneinheitlich, wobei diese Frequenzänderung im Verlauf eines Sonagramm-Ausschnittes manchmal sehr plötzlich vor sich geht. Ohne daß eine Interpretation möglich ist, muß erwähnt werden, daß der Amplitudenhöchstwert für das gemittelte Spektrum der spastischen Dysphonie in meiner Arbeit an der oberen Normgrenze liegt.

Für meine Untersuchung ist es interessant, daß WIESER und SCHLORHAUFER die Ergebnisse der Langzeitfrequenzanalyse speziell im Hinblick auf die Untersuchung der spastischen Dysphonie für unbefriedigend halten. Das liege daran, daß diese Langzeitfrequenzanalyse sich nur auf die Frequenzdomäne beziehe, aber Effekte, die sich vorwiegend auf den zeitlichen Ablauf der Stimmgebung richteten, im Ergebnis nicht erschienen. Zum Ausgleich dieses Nachteils (der auch in 3.3.6 von mir angesprochen wurde) arbeiten WIESER und SCHLORHAUFER daneben mit Sonagrammen, die hervorragend geeignet seien, Details im Sprechablauf "unter die Lupe zu nehmen" (Pathologische Veränderungen im Sprechablauf spielen ja gerade bei der spastischen Dysphonie eine wichtige Rolle!).-Um die Sonographie (die doch für eine umfassende objektive Beurteilung der Stimme nicht ausreiche) und die Langzeitfrequenzanalyse (Nachteil: fehlender Zeitbezug) zu ergänzen bzw. zu ersetzen, möchten WIESER und SCHLORHAUFER, sobald sich wegen des sehr großen apparativen Aufwandes in Zukunft eine Durchführung ermögliche, mit der Langzeit-"Grundfrequenz-Intervall"-Messung arbeiten.

12.10 Hinweis auf die Arbeit von BUNGE (8)

BUNGE beschäftigt sich in seiner Arbeit (8) mit der Sprecherkennung durch Computer (Projekt AUROS). Ziel ist die Schaffung eines "akustischen Ausweises". Der Autor arbeitet u.a. mit FFT und Leistungsdichte-Spektren, die er

z.B. von einem Segment des Vokales a oder einem 10 sec.-Text (Langzeitspektrum) berechnen läßt. Mit Hilfe dieser und anderer Methodik sowie geeigneter statistischer Weiterverarbeitung gelang BUNGE eine fast 100 %ige Sprechererkennung, auch textunabhängig! - Pathologische Stimmen wurden nicht untersucht. Seine erfreulichen Ergebnisse lassen jedoch auch für die computergesteuerte Frequenzanalyse bei Stimm- und Sprachstörungen Erfolge erhoffen.

12.11 Würdigung der Ergebnisse

Bietet nun die computergestützte Spektralanalyse in Zukunft die Möglichkeit, Diagnosen "objektiver" zu verifizieren und eine Einordnung zu ermöglichen sowie vor allen Dingen Therapieverläufe zu kontrollieren? Die Berliner Arbeitsgruppe - sie allein verwendet die gleiche Untersuchungstechnik - kommt zu folgender Beurteilung (13): "Die Methode der statistischen Spektralanalyse ermöglicht aufgrund der vorliegenden Ergebnisse eine Verbesserung der diagnostischen Maßnahmen bei der Erfassung von Phonationsstörungen. Die objektive Kontrolle von Krankheitsverläufen und die Dokumentation von chirurgischen, medikamentösen und logopädischen Behandlungsergebnissen ermöglicht neuartige, einfach und schnell zu erstellende Beurteilungskriterien für den klinisch tätigen Phoniater. Die objektive Kontrolle von Krankheitsverläufen und die Dokumentation von therapeutischen Ergebnissen kann die Fehleinschätzung des psychisch angegriffenen, dysphonen Patienten vermeiden helfen und intensiviert die notwendige positive Einstellung zur Überwindung der Stimmstörung."

Sichere, geschweige denn besonders optimistische Erkenntnisse lassen sich aus den in meiner Arbeit durchgeführten Untersuchungen nicht gewinnen. Abgesehen von der doch recht beträchtlichen Anzahl von (rückblickend betrachtet) vermeidbaren Fehlern und Pannen, deren Nichtvorhandensein zukünftige Arbeiten erleichtern wird, scheint mir die Interpretation der Daten ein zentrales Problem: Daß jedes Spektrum anders aussieht, ist nicht zu bestreiten. Was an jedem Spektrum anders ist, kann der Untersucher sicherlich mehr oder weniger einfach beschreiben. Aber welche

Informationen wichtig sind, z.B. zur Abgrenzung gegenüber anderen Erkrankungen von Stimme und Sprache, kann im Moment nicht klar gesagt werden, auch nicht aufgrund meiner Untersuchungen. Es ist in dieser Beziehung FISCHER (9) recht zu geben, der schon weiter oben einmal zitiert wurde: "Es sind viele Einzelbeschreibungen möglich, jedoch nur wenige Aussagen."

Die Arbeit konnte also sicherlich nicht das erhoffte Ergebnis bringen (Ich hatte mir im stillen vorgestellt, daß nach Abschluß der Untersuchungen der Computer auf eine entsprechende Dateneingabe hin die jeweilige Diagnose gleich "ausspucken" werde.). Berechtigte Erwartungen sind jedoch andererseits bestimmt nicht übertrieben, auch wenn sie im Moment durch meine Arbeit sicherlich keine großen Impulse erfahren.

12.12 Empfehlung für zukünftige Untersuchungen

Im folgenden soll unter Berücksichtigung der in meiner Arbeit unterlaufenen Fehler und im kurzen Vergleich mit anderen Arbeiten folgendes Procedere bei der computergestützten Frequenzanalyse pathologischer Stimmen empfohlen werden:

- Für jede zu untersuchende Stimmstörung muß eine den statistischen Anforderungen genügende Gruppengröße gegeben sein. Männliche und weibliche Patienten müssen getrennt untersucht werden; weiterhin ist es nötig, je nach Umfang und Fragestellung der Arbeit die verschiedenen Altersklassen und die Zugehörigkeit zu einem Sprechberuf zu berücksichtigen. Außerdem muß innerhalb einer Stimmstörung unterschieden werden zwischen "vor, während und nach Therapie", wobei die Angabe wichtig ist, welche Art von Therapie wie häufig durchgeführt wurde. Der Therapeut muß die Effizienz der Behandlung beurteilen, damit ein Vergleich mit den im Spektrum evtl. gefundenen Verbesserungen möglich ist. Voraussetzung ist natürlich eine zu den gleichen Bedingungen erstellte Normalkurve!
- Die Probanden müssen einheitlich untersucht werden. Von LEDEN (22) bevorzugt "eine sorgfältige Untersuchung des

Vibrationsbildes der Stimmbänder; eine aerodynamische Analyse der Kehlkopfleistung und Lungenfunktion; eine umfassende akustische Analyse der Stimme" (wozu er allerdings "nur" sonographische Verfahren (Voiceprint-Sonographie) einsetzt). Für SCHULTZ-COULON (34) "reicht neben der subjektiven Beurteilung des Stimmklanges die Bestimmung von mittlerer Sprechstimmlage, Stimmumfang und maximaler Phonationszeit meist aus".

Aus meiner Sicht sollte (in Anlehnung an die in einer Veröffentlichung der Berliner Arbeitsgruppe (13) aufgeführte Untersuchungstechnik) eine vollständige HNO-ärztliche Untersuchung unter Einschluß der Stroboskopie, eine logopädische Beurteilung der Stimme anhand eines Beurteilungsbogens (s.oben) mit Nennung der Diagnose(!) sowie eine Fixierung dieser ermittelten Daten auf einem zur Computerauswertung codierten Befundbogen erfolgen. Bei der Diagnosestellung ist daran zu denken, daß eine Mehrfachdiagnose Schwierigkeiten bei der Einordnung der Stimmstörungen bedingen kann.

- Dazu sollten Untersuchungen mit dem Computer durchgeführt werden, die Auskunft über die spektrale Frequenzverteilung und den Tonhöhenverlauf, evtl. auch über die Zeitabfolge innerhalb des Signals geben. (Wie die Arbeit von WIESER und SCHLORHAUFER (37) zeigt, kann der Untersucher aus der zeitlichen Abfolge im Verlauf eines Sprechtextes wichtige Schlüsse ziehen.) Je nach Fragestellung soll der Proband zählen (z.B. von 20 bis 30), einen bestimmten Text vorlesen oder nachsprechen, über irgend etwas frei sprechen oder über einige Sekunden die Vokale a, e, i, o, u anhalten, wobei die Vorteile der Benutzung von Vokalen oben bereits erwähnt wurden. Es erscheint mir zur genauen Auswertung wichtig, die Patienten jeweils das gleiche sprechen zu lassen, obwohl wir bei verschiedenen, von derselben Person gesprochenen belanglosen Texten in dem 30 sec.-Spektrum keine wesentlichen Unterschiede im Kurvenverlauf sahen. Die Dauer der Aufnahme (Zählen, Vorlesen, frei Sprechen) sollte bei entsprechenden zeitlichen und technischen Voraussetzungen etwa 30 sec. betragen (Es wurde oben aller-

dings schon erwähnt, daß wir beim Vergleich eines 30 sec.- und eines 10 sec.-Spektrums von demselben Sprecher keine nennenswerten Differenzen fanden!).

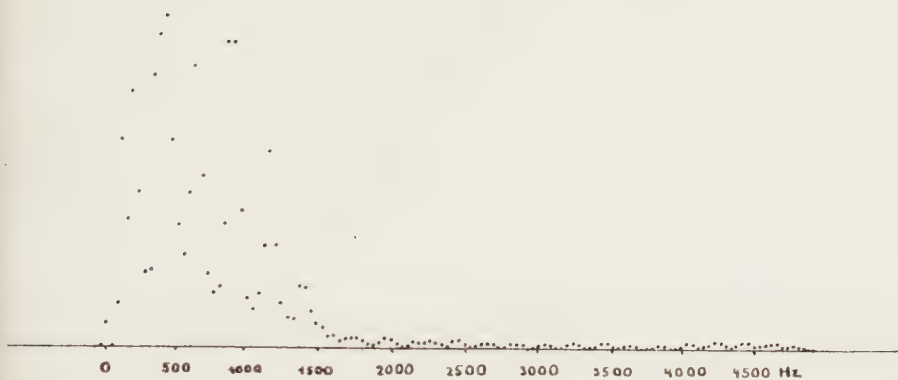
- Die äußeren Bedingungen bei der Aufnahme müssen gleich sein (Tonstudio!). Daß der Untersucher nicht in die Aufnahme spricht oder diese vorzeitig abbricht, braucht wohl nicht gesondert erwähnt zu werden. Die Frage, inwieweit eine wechselnde psychische und emotionelle Lage des Probanden Einfluß auf die Stimme und damit bei verschiedenen Aufnahmezeiten auf die Vergleichbarkeit der Spektren nimmt, soll hier nur angesprochen werden. Auch der Untersucher wird durch sein Verhalten (Lautstärke bei den einzelnen Anweisungen, Affekte) Einfluß auf den Probanden (Kinder!) nehmen. Vollkommen gleiche Ausgangsbedingungen werden in dieser Hinsicht nicht zu erzielen sein.
- Die Überspielung der auf Tonband festgehaltenen Daten muß unter Amplitudenanpassung (sonst Vergleich nicht möglich) und entsprechender Höhenverschiebung (z.B. Tonhöhenanhebung) erfolgen. An den Einfluß des Tonbandgerätes auf die Untersuchung (Verzerrung, Rauschen) sei erinnert! (Wir konnten bei dem Vergleich der Spektren von Stimmen, die vom Tonband überspielt wurden, und von Spektren, die vom Tonbandrauschen angefertigt wurden, keine Verfälschung in dieser Hinsicht feststellen.)
- Die Verrechnung der Daten im Computer muß nach vorher genau abgeklärten Kriterien erfolgen (Ist die Fourier-Analyse zur Untersuchung eines Langzeitspektrums geeignet? Festlegung von Abtastrate, Frequenzbereich des zu erstellenden Spektrums, Auflösung; Muß ich mit einem sogenannten Hanning-Window zur Vermeidung von Frequenzverfälschungen (Stichwort: kontinuierliche FT-diskrete FT) arbeiten? Wenn ja, an welcher Stelle muß ich es anwenden? Logarithmische oder lineare Darstellung des Spektrums? Glättung des Spektrums?). Dabei ist jedoch die Hilfe von Fachleuten (Ingenieuren) unerlässlich!
- Die Daten müssen in geeigneter Weise festgehalten werden (Ausdrucken der Amplitudenwerte und des Kurvenverlaufes; je nach der gewählten statistischen Verarbeitung evtl.

Überspielen der Daten z.B. auf Magnetband).

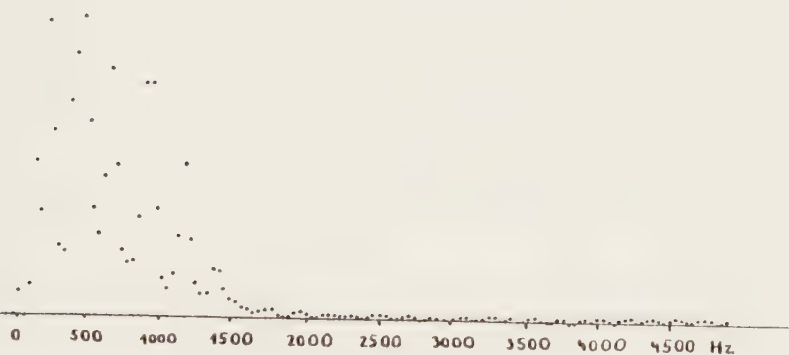
- Die geeignete statistische Verarbeitung ist anzuwenden. Dabei möchte ich aus den oben schon erwähnten Gründen dar einen Methode (Cluster-Analyse), die Gruppen anhand der Ähnlichkeit der Spektralverläufe bildet, den Vorzug geben. Denn dabei kann eine falsch gestellte Diagnose (z.B. beim Beurteilen der Stimmstörung) nicht die Untersuchung stören. Voraussetzung ist natürlich die "Beherrschung" des entsprechenden Rechenverfahrens, besonders muß die Anzahl der gewünschten Gruppen vorher festgelegt sein (sh.oben). Andererseits erfordert die Alternativmöglichkeit (Gruppenbildung vor der Spektralanalyse anhand der Diagnose mit abschließender statistischer Auswertung) keinen solch großen Aufwand, und eine Falschdiagnose dürfte bei entsprechend guter Voruntersuchung (sh. oben) nicht gestellt werden.

13. Zusammenfassung

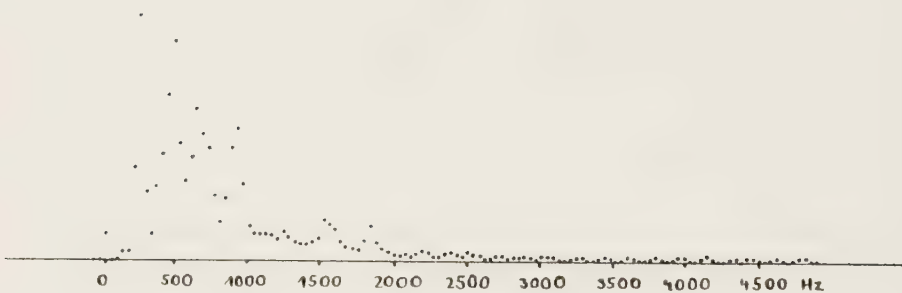
Anhand einiger Stimm- und Sprachstörungen wurde in dieser Arbeit versucht, den Wert der computergesteuerten Frequenzanalyse zur Abgrenzung bzw. Diagnosestellung der betreffenden Störungen zu untersuchen. Obwohl eine Reihe von Einzelaussagen, auch durch die zusätzliche auditive Beschreibung der Stimmen auf einem Beurteilungsbogen, möglich sind, kann eine abschließende Beurteilung der Wertigkeit des Verfahrens nur anhand der eigenen Untersuchungen nicht gegeben werden. Andere Arbeiten lassen jedoch eine berechtigte Erwartung aufkommen, daß ein Schritt in Richtung auf eine objektive Untersuchung der Frequenzverteilung von Stimme und Sprache getan wurde.



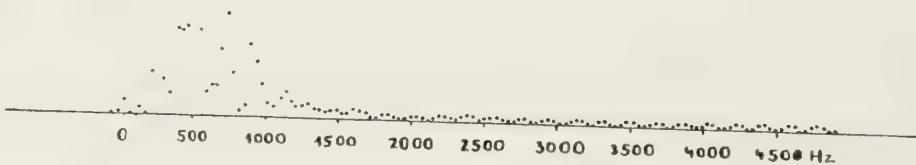
Spektrum 2



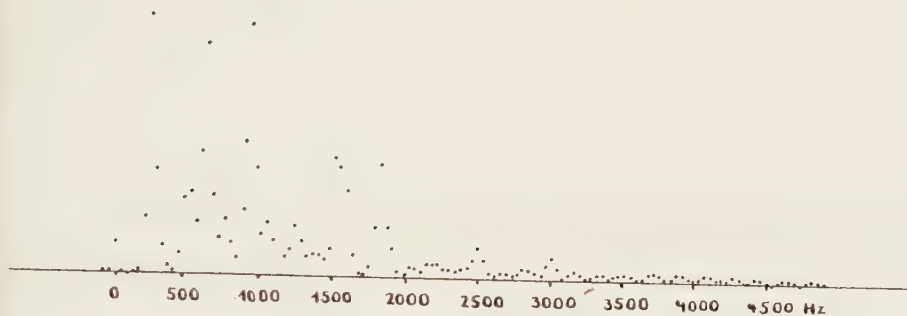
Spektrum 3



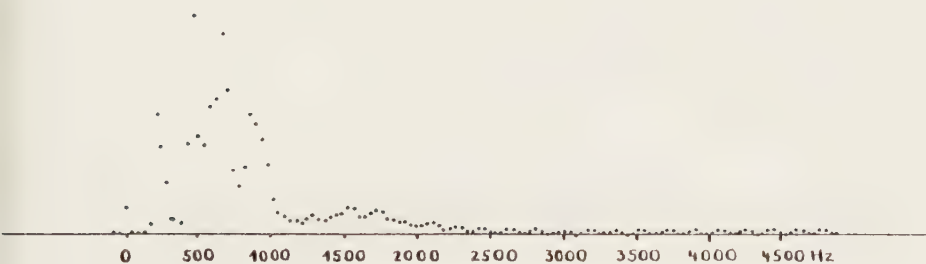
Spektrum 4



Spektrum 5



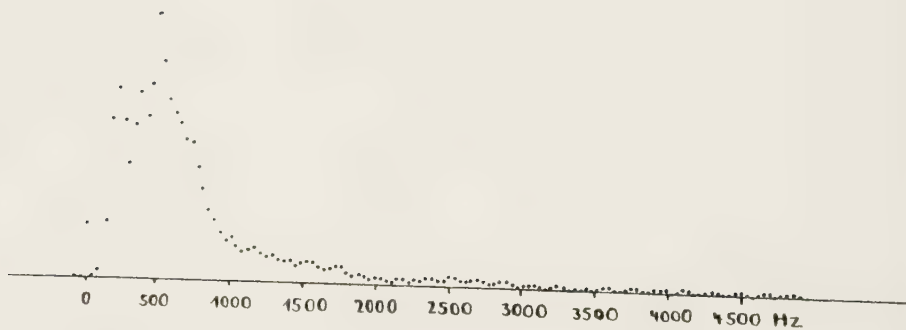
Spektrum 6



Spektrum 7



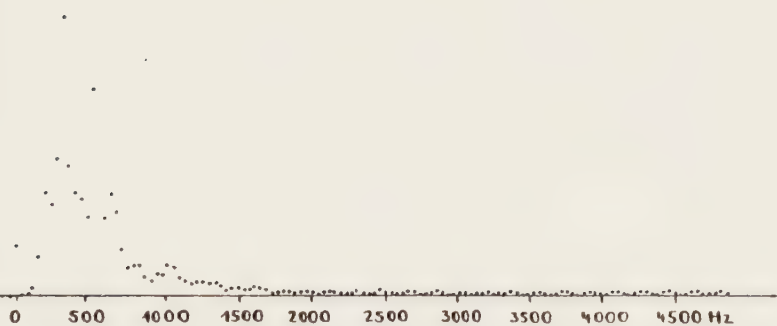
Spektrum 8



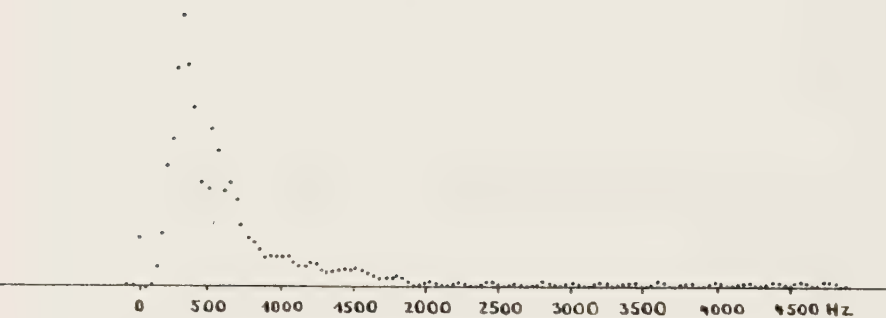
Spektrum 9



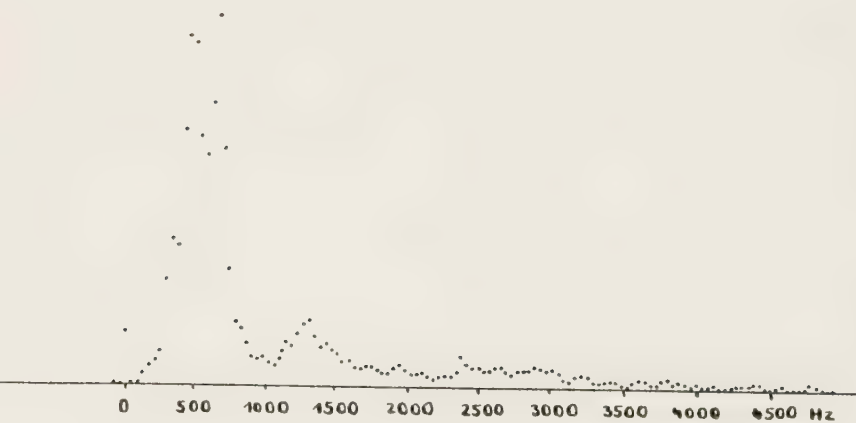
Spektrum 10



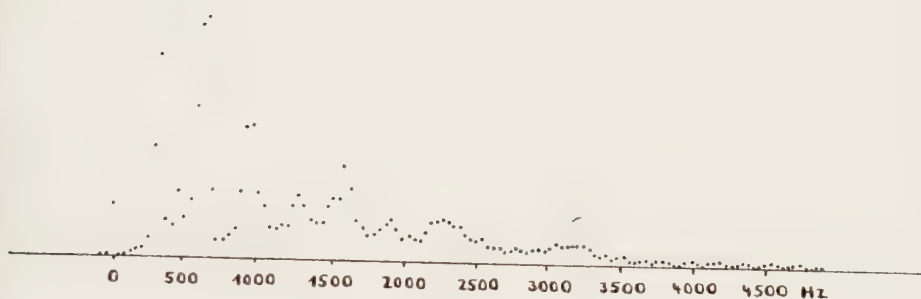
Spektrum 11



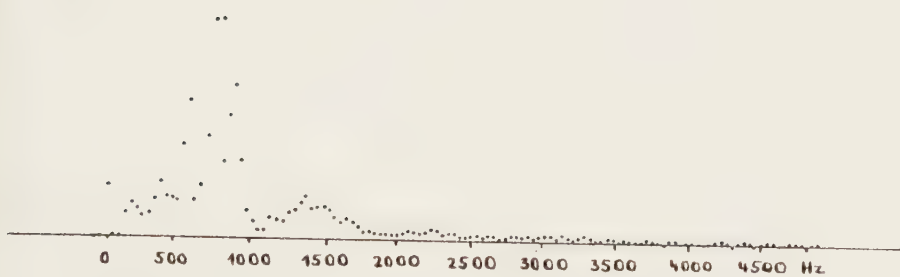
Spektrum 12



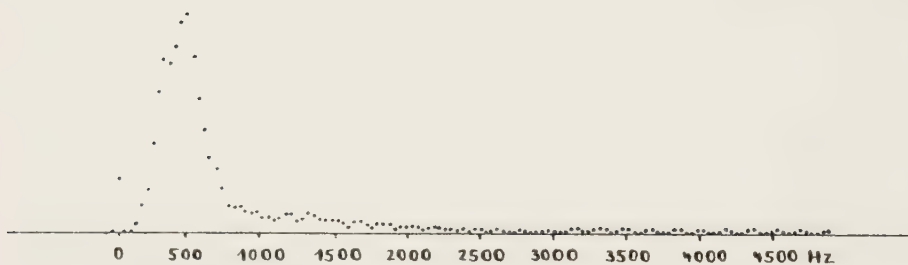
Spektrum 13



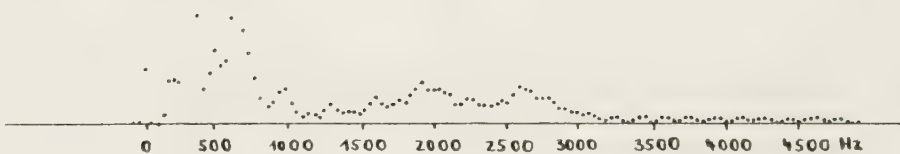
Spektrum 14



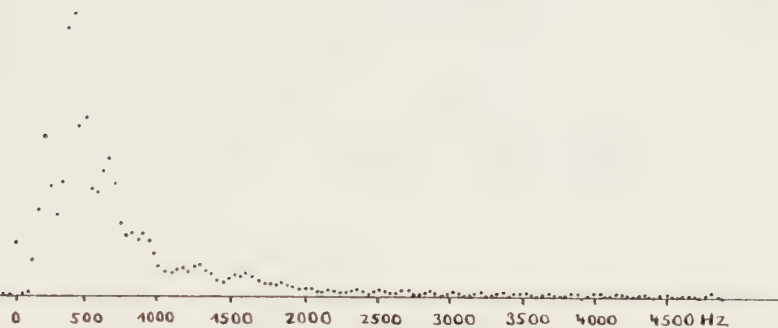
Spektrum 18



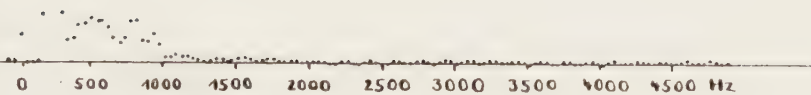
Spektrum 15



Spektrum 16



Spektrum 19



Spektrum 17



Spektrum 1

Literaturverzeichnis

- 1) ARNOLD, G.E. in: Handbuch der Stimm- u. Sprachheilkunde
Herausgeber: R. LUCHSINGER u. G.E. ARNOLD; 3.Aufl.,
Springer, 1970
- 2) BAUER, H. in: Phoniatrie und Pädoaudiologie
Herausgeber: P. BIESALSKI; Georg Thieme, 1973
- 3) BAUER, H.: Persönliche Mitteilung, Nov. 1976
- 4) BERGER, W.: Organische u. funktionelle Stimmstörungen
Z. Laryng. Rhinol. 19,80 (1929)
- 5) BERGER, W.: Über den Wechsel organischer Ausdrucks-
formen bei funktionellen Stimmstörungen
Z. Laryng. Rhinol. 23,426 (1932)
- 6) BÖHME, G.: Stimm-, Sprech- und Sprachstörungen
Gustav Fischer, 1974
- 7) BOENNINGHAUS, H.G.: HNO-Heilkunde für Medizinstudenten
2. Aufl., Springer, 1972
- 8) BUNGE, E.: Sprechererkennung durch Computer
Philips techn. Rdsch. 37,225 (1977/78)
- 9) FISCHER, H.-P.: Persönliche Mitteilung, Febr. 1979
- 10) FREYSTEDT, E.: Das Tonfrequenzspektrometer, ein Fre-
quenzanalysator mit äußerst hoher Analysierge-
schwindigkeit u. unmittelbar sichtbarem Spektrum
Z. techn. Physik 16,513 (1935)
- 11) FRÖSCHELS, E.: Singen und Sprechen
Deuticke, 1920

- 12) GERULL, G., M. GIESEN, D. MROWINSKI, N. RUDOLPH:
Einsatz der Frequenzanalyse zur objektiven Untersuchung von Stimmstörungen
Z. Laryng. Rhinol. 51,815 (1972)
- 13) GERULL, G., M. GIESEN, K. HIPPEL, D. MROWINSKI,
H. SCHWEERS: Untersuchung verschiedener Gruppen von
Stimmstörungen durch statistische Spektralanalyse
HNO 24,1 (1976)
- 14) GRÜTZMACHER, M.: Eine neue Methode der Klanganalyse
Elektr. Nachr.-Techn. 4,533 (1927)
- 15) GRÜTZMACHER, M. u. W. LOTTERMOSER: Die Verwendung des
Tonhöhenschreibers bei mathematischen, phonetischen
u. musikalischen Aufgaben
Akust. Z. 3,183 (1938)
- 16) HABERMANN, G.: Zur Bewertung krankhafter Stimmklänge
mit dem Gehör
Laryng. Rhinol. 55,245 (1976)
- 17) HIPPEL, K. u. M. GIESEN: Frequenzanalyse der Stimme
bei einseitiger Recurrensparese
Aus einem Vortrag, vorliegend als Photokopie.
- 18) KERSTA, L.G.: Voiceprint identification
Nature 196,1253 (1962)
- 19) KITTEL, G. in: Phoniatrie und Pädoaudiologie
Herausgeber: P. BIESALSKI; Georg Thieme, 1973
- 20) KITTEL, G.: Persönliche Mitteilung, Nov. 1976
- 21) KOENIG, W., H.K. DUNN, L.Y. LACY: The sound
spectrograph
J. acoust. Soc. Amer. 18,19 (1946)

- 22) LEDEN, H.v.: Neuere Funktionsteste des Larynx
HNO 19,225 (1971)
- 23) LUCHSINGER, R. in: Handbuch der Stimm- u. Sprachheilk.
Herausgeber: R. LUCHSINGER u. G.E. ARNOLD; 3. Aufl.,
Springer, 1970
- 24) MEYER, E. u. D. GUICKING: Schwingungslehre
Vieweg, 1974
- 25) MOSER, M. u. G. KITTEL: Rechnergestützte Tonhöhenbe-
stimmung
Folia phoniatic. 29,119 (1977)
- 26) OERTEL, M.: Das Laryngo-Stroboskop u. die laryngo-
stroboskopische Untersuchung
Arch. Laryng. Rhin. 3,1 (1895)
- 27) PASCHER, W. u. H.S. JOHANNSEN: Angewandte Phoniatrie
I. Methodik der Stimmuntersuchung
HNO 23,84 (1975)
- 28) PASCHER, W. u. H.S. JOHANNSEN: Angewandte Phoniatrie
II. Funktionelle Stimmstörungen
HNO 23,320 (1975)
- 29) PASCHER, W. u. H.S. JOHANNSEN: Angewandte Phoniatrie
III. Juvenile Stimmstörungen, hormonelle Stimm-
störungen
HNO 23,383 (1975)
- 30) PASCHER, W.: Persönliche Mitteilung, Jan. 1977
- 31) PERELLÓ, J.: Dysphonies fonctionnelles
Folia phoniatic. 14,150 (1962)

- 32) RATHGEBER, W.: Kompendium der medizinischen Soziologie
Verlag für Medizinsoziologie am Institut für Medi-
zinsoziologie u. Didaktik der Medizin e.V., München,
3. Aufl., 1974
- 33) SCHÖNHÄRL, E.: Die Stroboskopie in der praktischen
Laryngologie
Thieme, 1960
- 34) SCHULTZ-COULON, H.-J.: Grundtonanalyse - ein Beitrag
zur objektiven Beurteilung der Sprech- und Sing-
stimme
HNO 23, 218 (1975)
- 35) TRENDLENBURG, F. u. E. FRANZ: Untersuchungen an
schallveränderlichen Schallvorgängen
Z. techn. Physik 16, 513 (1935)
- 36) TRENDLENBURG, F.: Akustik
Springer, 3. Aufl., 1961
- 37) WIESER, H. u. W. SCHLORHAUFER: Spektrographische Un-
tersuchungen bei spastischen Dysphonien
Sprache-Stimme-Gehör 2, 86 (1978)
- 38) WINCKEL, F.: Physikalische Kriterien für objektive
Stimmbeurteilung
Folia phoniat. 2, 232 (1953)
- 39) WINCKEL, F.: Acoustical Cues in the Voice for
Detecting Laryngeal Diseases and Individual
Behaviour
in B. WYKE: Ventilatory and Phonatory Control
Systems: internat. Symposium (1972)
Oxford Univers. Press, London (1974)

LEBENS LAUF

Am 23.7.1953 wurde ich, Peter Lipfert, als einziger Sohn der Eheleute Rudi Lipfert und Annemie, geb. Drees, in Koblenz geboren. Nach dem vierjährigen Besuch der Pestalozzischule in Koblenz wechselte ich 1964 zum Staatlichen Görres-Gymnasium, Koblenz, wo ich im Mai 1972 die Reifeprüfung ablegte. Vom Wintersemester 1972/73 bis zum Wintersemester 1978/79 einschließlich war ich an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz im Fachbereich Humanmedizin immatrikuliert. Im September 1974 bestand ich die Ärztliche Vorprüfung, im September 1975 bzw. September 1977 den ersten und zweiten Teil der Ärztlichen Prüfung. Von Oktober 1977 bis September 1978 absolvierte ich das Praktische Jahr am Brüderkrankenhaus in Trier in den Fächern Innere, Chirurgie und Neurologie. Ebenfalls in Trier bestand ich im Oktober 1978 den schriftlichen und mündlichen Abschnitt des dritten Teils der Ärztlichen Prüfung. Im November 1978 erhielt ich die Approbation als Arzt. Vom 1. Dezember 1978 bis zum 30. April 1979 arbeitete ich als Assistenzarzt in der Chirurgischen Abteilung des Krankenhauses Marienhof in Koblenz. Seit 2. Mai 1979 bin ich Angehöriger der Bundeswehr.

Druck: Reinartz

Copier- und Offset-Center

Gaustraße 16, Telefon 061 31/93870 + Kirschgarten 3, Telefon 061 31/962 02
6500 Mainz

